

Küreselleşme, Hidroelektrik Enerji, Ekonomik Büyüme, CO₂ Emisyonları ve Ekolojik Ayak İzi İlişkisinin ABD İçin Analizi: Kesirli Fourier ADL Eşbütünleşme Yöntemi

Ahmet KAMACI (<https://orcid.org/0000-0002-7858-6131>), Sakarya University of Applied Sciences, Türkiye; ahmetkamaci@subu.edu.tr

The Analysis of Globalization, Hydroelectric Energy, Economic Growth, CO₂ Emissions and Ecological Footprint Relationships for the USA: Fractional Fourier ADL Cointegration Method

Abstract

Environmental problems such as global climate change and global warming pose a great threat to future generations. The USA, which has a very high ecological footprint and carbon emissions, is at the forefront of the countries that pose this threat. In this direction, this study aims to investigate the effects of globalisation, economic growth and hydroelectric energy on carbon emission and ecological footprint in the USA with Fourier ADL cointegration and Fourier Toda-Yamamoto causality tests. According to the findings, there is a negative relationship between electricity generation from hydroelectric sources and CO₂ emissions and a positive relationship between per capita GDP and ecological footprint. In addition, unidirectional causality from KOF to CO₂, hydroelectric-powered electricity generation, and per capita GDP to ecological footprint are also determined.

Keywords : Ecological Footprint, CO₂ Emissions, Globalization, Hydroelectric Energy, Fourier ADL Cointegration Test.

JEL Classification Codes : F64, Q57, C32.

Öz

Küresel iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi çevresel sorunlar gelecek kuşaklar için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu tehdidi oluşturan ülkelerin başında da ekolojik ayak izi ve karbon emisyonu oldukça yüksek olan ABD gelmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmanın amacı, ABD’de küreselleşme, ekonomik büyüme ve hidroelektrik enerjinin karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini Fourier ADL eşbütünleşme ve Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testleri ile araştırmaktır. Elde edilen bulgulara göre, hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi ile CO₂ emisyonları arasında negatif ilişki ve kişi başı GSYİH ile ekolojik ayak izi arasında pozitif ilişki bulunmaktadır. Ayrıca KOF’dan CO₂’ye doğru ve hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretiminden ve kişi başı GSYİH’den ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Ekolojik Ayak İzi, CO₂ Emisyonu, Küreselleşme, Hidroelektrik Enerji, Fourier ADL Eşbütünleşme Testi.

1. Giriş

Küreselleşmeyle beraber ülkelerde üretim kapasitesi arttıkça ekonomik büyüme-çevre ilişkisi daha çok ilgi görmüştür. Bu kapsamda genelde çevreyi kirleten kirleticiler ekolojik gösterge olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada da çevre kalitesinin gösterilmesi için CO₂ emisyonu ve ekolojik ayak izi gibi göstergeler belirlenmiştir.

Dünya Kalkınma Göstergesine göre 1960'lı yıllarda %25 olan uluslararası ticaretin dünya ekonomisindeki payı 2015 yılında %58'e yükselmiştir. %73'ü CO₂ emisyonu olan sera gazı emisyonları da ekonomik büyümeyle beraber hızla artmıştır. Bu doğrultuda sera gazı emisyonlarını azaltmak ve küresel ısınmayı kontrol altına almak amacıyla 1997 yılında Kyoto Protokolü imzalanmış ve küresel emisyonların %95'inden fazlasını oluşturan ülkelerin anlaşması ile kabul edilmiştir (Zhang et al., 2017).

Dünyada son yıllarda ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar, küresel ısınmanın ne denli büyük çapta olduğunu göstermektedir. Sera gazları içinde en çok karbon emisyonu bulunmaktadır. Öyle ki, 2019'da sera gazları içinde yaklaşık 34.169 milyon ton CO₂ emisyonu bulunmaktadır. 2017'de CO₂ emisyon miktarı milyonda 405,5 parçaya, metan gazı miktarı milyarda 1859 parçaya ve nitrojen dioksit miktarı da milyarda 329,9 parçaya yükselmiştir ve bu da sanayi öncesine göre sırasıyla %146, %257 ve %122 artış göstermektedir. CO₂ emisyonlarının yanında, başka kirleticiler de küresel iklim değişikliği ve küresel ısınmayı etkilemektedir. Bu çerçevede Wackernagel ve Rees'in önerdiği ekolojik ayak izi (ecological footprint) su, hava ve toprak kirliliğinin eş zamanlı analizine olanak sağlayan kümülatif bir çevresel göstergedir. Ekolojik ayak izi, meskûn arazi, tarım arazisi, karbon, mera, balıkçılık alanları ve orman ayak izi gibi 6 alt bileşen içermektedir. 1970'lerden bu yana ekolojik ayak izi, dünyanın yenilenme kapasitesini aşmıştır ve bu çevresel bozulma, insan refahı ve gezegenin sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır (Pata, 2021: 198). Fosil yakıtlar ve mineraller gibi yenilenemeyen kaynakların tükenmesine odaklanan diğer yaklaşımlardan farklı olarak Ekolojik Ayak İzi analizi, sürdürülebilirliğe giden yolun sürdürülebilir uygulamalarla döşenmesi gerektiğini öne sürmektedir (Bazan, 1997).

Bu çalışma, küreselleşme, ekonomik büyüme ve hidroelektrik enerjinin çevresel bozulma üzerindeki rolüne odaklanmaktadır. Ayrıca küreselleşme için ekonomik, politik ve sosyal küreselleşmeyi içeren küreselleşme endeksi kullanılmıştır. Bu bağlamda, çalışma aşağıdaki sorulara cevap aramaktadır: (1) Hidroelektrik kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi çevre kalitesine nasıl etkide bulunur, ekolojik ayak izini ve karbon emisyonunu ne derece etkiler? (2) Küreselleşme çevresel bozulmanın temel itici gücü müdür? (3) Kişi başı GSYİH'daki değişimler çevre kalitesini etkiler mi? Çalışma, bu sorulara yanıt arayarak ekolojik ayak izi ve karbon emisyonu çok olan ABD'de çevresel bozulmanın iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, ABD'de küreselleşme, hidroelektrik enerji, ekonomik büyüme, CO₂ emisyonu ve ekolojik ayak izi ilişkisini kesirli Fourier ADL eşbütünlüşme yöntemi ile

test etmektir. Bu amaçla öncelikle teorik çerçeve belirlenmiştir. Sonrasında ABD'ye ait temel göstergelere yer verilmiştir. Çalışmanın özgün değeri, çalışmanın iki farklı modelle ele alınmasıdır. Bu amaçla konu Kesirli Fourier ADL eşbütünlüşme testi ile incelenmiştir. Söz konusu yöntem oldukça güncel olmakla birlikte, incelenen konuya dair literatürün genişletilmesi noktasında önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çünkü söz konusu yöntemin ele alındığı çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Ayrıca çalışmada, karşılaştırma yapabilmek adına Fourier ADL eşbütünlüşme testine de yer verilmiştir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji değişkeni yerine hidroelektrik enerji verisi kullanılması ve ABD'de hidroelektrik enerjinin CO₂ emisyonları, ekolojik ayak izi, ekonomik büyüme ve küreselleşmeye etkisini ele alan çalışmalar oldukça sınırlı olması açısından, bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın izlenen ikinci bölümünde teorik arka plan belirlenmiş ve ABD'ye ait temel göstergelere yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise ilgili literatür yer almaktadır. Dördüncü bölümde çalışmada kullanılan 2 farklı model ve veri seti tanımlanmış ve ampirik analiz sonuçları verilmiştir. Beşinci ve son bölümde ise sonuç ve tartışmalara yer verilmiştir.

2. Teorik Çerçeve

Küreselleşme bir ekonomide üretim, yatırım, ihracat, ticaret ve daha birçok ekonomik göstergelyi etkilemektedir. Bu göstergeler enerji tüketimini artırarak çevresel kaliteyi de etkilemektedir (Latif et al., 2018). Küreselleşme, hizmet sektörünün büyümesine yönelik olarak çevreye dolaylı katkılar sağlasa da (Jena & Grote, 2008), kompozisyon etkisi dolayısıyla sanayi sektöründen hizmet sektörüne geçiş sürecinde çevresel kaliteyi azaltabilmektedir (Amri, 2018).

Küreselleşme, üretimde ve tüketimde artışa neden olduğu için hem karbon emisyonunu hem de ekolojik ayak izini artırmakta ve böylece çevresel bozulmayı artırmaktadır. Bu yönüyle küreselleşme, küresel iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi temel çevre sorunlarına da neden olmaktadır. Küreselleşme sürecinde üretim teknikleri değişmezse, çevre koşulları bozulacaktır. Ancak küreselleşme sürecinde çevre dostu yeni teknolojiler getirilirse bu durumda çevre kalitesi artacaktır (Pata, 2021: 198).

İnsanların tükettiği kaynakların yeniden üretilmesi ve oluşan atıkların eritilmesi için gerekli olan verimli alanlar ekolojik ayak izi olarak adlandırılmaktadır. Çevresel sürdürülebilirliğin temel göstergesi olan ekolojik ayak izi, bilinçli tüketim alışkanlıklarıyla ve dış kaynaklar yerine öz kaynakların kullanılmasıyla azaltılabilmektedir (Keleş, 2010: 5-8). Ekolojik ayak izinin büyük çoğunluğunu karbon emisyonları oluşturmaktadır. Karbon ayak izinin son 50 yılda 11 kat artması küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır (<wwf.org>). Küresel iklim değişikliğinin önemli bir göstergesi olan karbon emisyonu aynı zamanda çevre kirliliğinin de önemli bir göstergesidir.

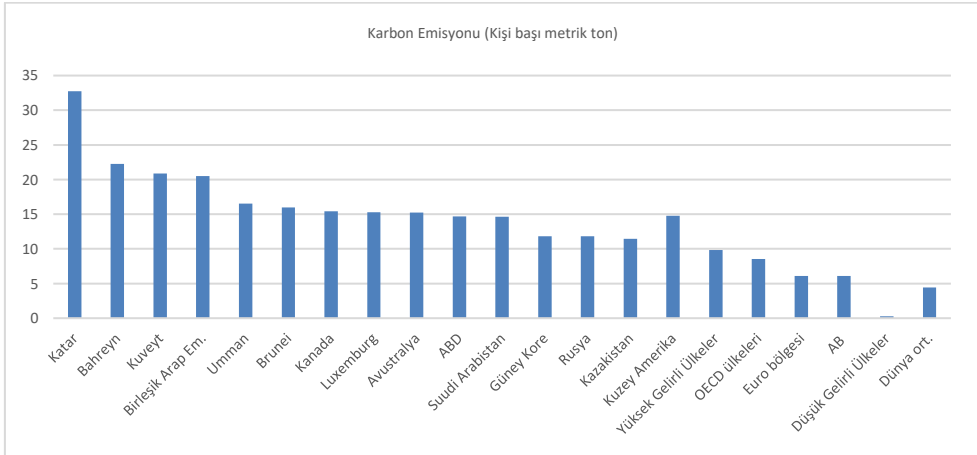
Ekolojik Ayak İzi analizi, belirli bir popülasyonun sürdürülebilir bir şekilde var olması için gereken toplam arazi alanını ölçmektedir. Bir şehrin ekolojik ayak izinin hem

nüfus hem de kişi başına düşen malzeme tüketimi ile orantılı olacağı açık olmalıdır. Ekolojik ayak izi, dünyanın neresinde olursa olsun, tanımlanmış nüfusun ihtiyaç duyduğu tüm araziyi içermektedir. Bu nedenle ekolojik ayak izi aynı zamanda ilgili popülasyonun toplam "uygun taşıma kapasitesini" de temsil etmektedir. Wackernagel ve Rees, kişi başına 11 dönüm ile ABD'nin kişi başına en yüksek ayak izine sahip olduğunu belirtmiştir ve bu sayının kişi başına 6 dönüme yakın olması gerektiğini öne sürmektedir. Ayrıca, ABD %80 oranında bir "ekolojik açık" ile karşı karşıyadır, bu da torunlarımızın mirasından ödünç aldığımız ve dünyanın başka yerlerinden arazileri kamulaştırdığımız anlamına gelmektedir. Tipik bir Kuzey Amerikalının (4-5 hektar) mevcut ekolojik ayak izi, dünya ortalamasının 3 katıdır. Aslında, dünyadaki herkes ortalama bir Kanadalı veya Amerikalı gibi yaşasaydı, sürdürülebilir bir şekilde yaşamak için en az üç gezegene ihtiyacımız olurdu. Buna karşılık, her Avrupalı yaklaşık 5 akreye ihtiyaç duymaktadır; ancak Avrupalılar daha küçük arazi alanlarına sahip oldukları için daha yüksek ekolojik açıklarla karşı karşıyadır (Wackernagel & Rees, 1996; Bazan, 1997).

ABD, dünyada karbon emisyonu en çok olan 10. ülkedir. Aynı zamanda Kuzey Amerika kıtası dünyada karbon emisyonu en çok olan kıtadır (<atabank.worldbank.org>). Diğer bir çevre kalitesi göstergesi olan kişi başına düşen ekolojik ayak izi sıralamasında ise ABD, Birleşik Arap Emirlikleri, Katar, Danimarka ve Belçika'dan sonra ekolojik ayak izi en çok olan 5.ülkedir. Öyle ki; bir Amerikalının ayak izi, 43 Afrikalının ayak izine eşittir. Aynı zamanda gelişmiş ülkelerin ekolojik ayak izi, gelişmekte olan ülkelerin 5 katıdır ve 31 OECD ülkesi dünyadaki toplam ayak izinin %40'ını oluşturmaktadır (<wwf.org>).

Grafik 1'de 2019 yılı için ülkelere ait CO₂ emisyonlarına yer verilmiştir.

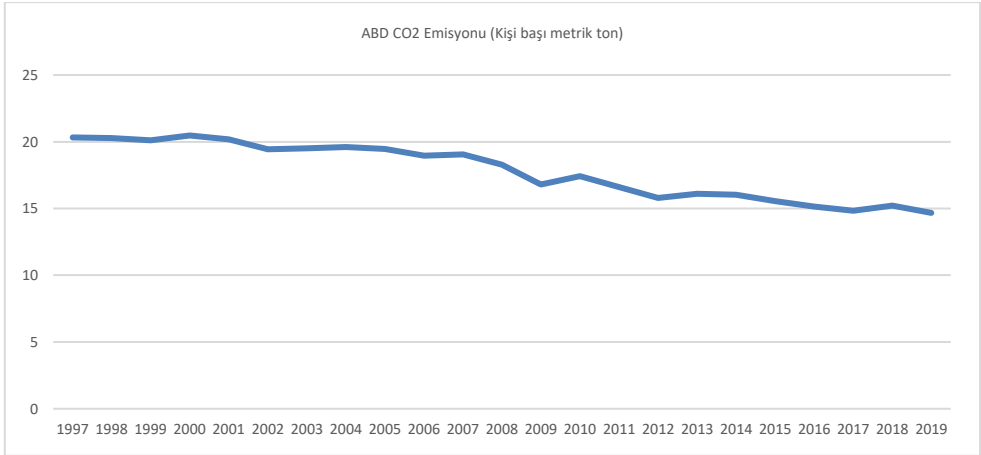
Grafik: 1
CO₂ Emisyonu (2019)



Kaynak: <atabank.worldbank.org>.

Grafik 1’e göre 2019 yılı için en yüksek CO₂ emisyonuna sahip ülke 32,76 metrik ton ile Katar’dır. ABD 14,76 metrik ton ile dünya ortalamasının (4,43) oldukça üstündedir. Aynı zamanda Kuzey Amerika kıtası diğer kıtalara göre en çok CO₂ emisyonuna sahip kıtadır. ABD’deki CO₂ emisyonları yıllar itibariyle azalsa da halen çok fazladır. Grafik 2’de ABD’de 1997-2019 arası CO₂ emisyonları yer almaktadır.

Grafik: 2
ABD’deki CO₂ Emisyonları (1997-2019)



Kaynak: <databank.worldbank.org>.

Grafik 2’de görüldüğü üzere ABD’de CO₂ emisyonları sürekli azalmaktadır. Öyle ki; 2000’de 20,46 iken yıllar itibariyle azalış göstermiş ve 2019’da 14,67’ye düşmüştür.

2015 yılında yayınlanan “State of State: A New Perspective on Our Nation of Wealth” adlı raporda eyaletler bazında ABD’ye ait göstergelere yer verilmiştir. Bu göstergeler Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo: 1
ABD ve ABD’deki Bazı Eyaletlerin Ekolojik Zenginliği

Durum	Nüfus (milyon)	Kişi Başı GSYİH	Doğuşta Beklenen Yaşam Süresi	İnsani Gelişim İndeksi	Karbon Ayak İzi (kişi başı küresel dönüm)	Karbon Olmayan Ayak İzi (kişi başı küresel dönüm)	Toplam Ekolojik Ayak İzi (kişi başı küresel dönüm)	Biyolojik Kapasite (kişi başı küresel dönüm)
ABD	310,38	49469	78,9	5,03	11,5	5,7	17,2	9,3
Kaliforniya	37,25	54462	80,8	5,40	10,5	6,0	16,5	1,9
Tekساس	25,14	54433	78,5	4,65	12,8	5,8	18,6	6,7
New York	19,37	64818	80,5	5,66	9,3	5,0	14,2	3,5
Florida	18,8	38690	79,4	4,82	10,9	5,2	16,1	4,6
Illinois	12,83	52827	79,0	5,31	11,3	5,8	17,2	5,9
Kuzey Carolina	9,53	44281	77,8	4,57	12,2	5,4	17,6	7,6
Michigan	8,88	42110	78,2	4,76	11,2	5,5	16,6	11,8
New Jersey	8,79	56405	80,3	6,12	11,9	6,8	18,7	1,3
Virjinya	8,001	51338	79,0	5,47	17,0	7,7	24,6	7,4

Kaynak: <https://www.footprintnetwork.org>.

Tablo 1'e göre, ABD'deki toplam ekolojik ayak izi 17,2'dir ve bunun da 11,5'i karbon ayak izinden oluşmaktadır. Eyaletler bazında bakıldığında, toplam ekolojik ayak izi ve karbon ayak izi en çok olan eyalet Virjinya iken; en az olan eyalet ise New York'tur.

3. Literatür

Hızlı nüfus artışı, küreselleşme, enerji tüketimindeki artış, üretim artışı ve ekonomik göstergelerdeki artışlar çevre üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu nedenle son yıllarda CO₂ emisyonu üzerine çalışmalar son yıllarda oldukça fazladır. Bu çalışmalar çevresel Kuznets eğrisi de (EKC) denilen Grossman ve Krueger (1991) tarafından önerilen Ters U hipotezine dayalıdır. EKC hipotezi, ekonomik büyümenin ilk evrelerinde çevre kirliliğinin artacağını, daha sonra kişi başı gelirdeki artışın belli noktaya gelmesiyle çevresel iyileşmenin olacağını ifade etmektedir.

EKC hipotezinin teorik temeli, ölçek, kompozisyon ve teknik etkidir (Grossman & Krueger, 1995: 355). Ölçek etkisi, üretim artışının çevresel bozulmayı artıracığını; bileşim etkisi, ticaretin çevre kirliliğine etkisini; teknik etki ise ticari açıklıkla beraber teknolojik yeniliğin daha temiz bir çevre sağladığını ifade etmektedir (Barrett, 2000; Chebbi et al., 2011; Dauda et al., 2021).

EKC hipotezinde ticari açıklık ile CO₂ emisyonu arasında negatif bir ilişki mevcuttur ve EKC hipotezini destekleyen birçok çalışma mevcuttur. Örneğin, Shafik ve Bandyopadhyay (1992), Cole vd. (1997), Dinda vd. (2000), Stern (2004), Managi vd. (2009), Shahbaz vd. (2013), Akın (2014), Sbia vd. (2014), Kasman ve Duman (2015), Zhang vd. (2017), Salman vd. (2019), Shahbaz vd. (2019), Lv ve Xu (2019), Essandoh vd. (2020). Buna karşın bazı çalışmalarda EKC hipotezi desteklenmemektedir. Örneğin, Farhani vd. (2013), Ertuğrul vd. (2016), Shahbaz vd. (2017a), Dauda vd. (2021).

EKC hipotezini doğrulamaya çalışan bu çalışmaların yanı sıra son zamanlardaki çalışmalar CO₂ emisyonu ve bunun belirleyicilerini incelemiştirlerdir. Bu kapsamda enerji tüketimi (yenilenemez ya da yenilenebilir enerji), küreselleşme ve ekonomik büyüme gibi değişkenleri de çalışmalara dâhil etmişlerdir. Ekonomik büyüme, küreselleşme ve enerji tüketimi ile CO₂ emisyonunu inceleyen birçok çalışma mevcuttur. Örneğin, Shahbaz vd. (2017b), Kalaycı and Hayaloğlu (2018), Sharmin ve Tareque (2018), Khan vd. (2020), Sahu ve Kumar (2020), Anser vd. (2021), Baydoun ve Aga (2021), Chienwattanasook vd. (2021). Bu çalışmaların çoğunda ekonomik büyüme, küreselleşme ve enerji tüketimi CO₂ emisyonlarını artırırken; Shahbaz vd. (2017b) çalışmalarında küreselleşme CO₂ emisyonlarını azaltmaktadır. Bazı çalışmalarda ise farklı değişkenler analize dâhil edilmiştir. Örneğin, Phong vd. (2018) çalışmalarında sanayileşmeyi de eklemiş ve enerji tüketiminin, sanayileşmenin ve kişi başına düşen GSYİH'nın uzun vadede CO₂ emisyonunu artırdığını, küreselleşmenin ise CO₂ emisyonunu azalttığını tespit etmişlerdir. Salahuddin vd. (2019) ise enerji tüketimi yerine enerji yoksulluğunu çalışmaya eklemiş ve ekonomik büyüme ve enerji yoksulluğunun CO₂ emisyonlarını artırdığını; küreselleşme ile CO₂ emisyonları arasında ters bir ilişki olduğunu belirlemiştir. Li vd. (2022) ise yeşil yatırım, yenilenemeyen enerji,

teknolojik yenilik ve küreselleşmenin CO₂ emisyonundaki etkilerini incelemiş ve yenilenemeyen enerji ile teknolojik yeniliklerin çevresel bozulmayı artırdığını; yeşil yatırım ve küreselleşmenin ise uzun dönemde çevresel bozulmayı azalttığını belirlemiştir. Bazı çalışmalarda ise enerji tüketimi yerine yenilenebilir enerji kullanılarak bu ilişki incelenmiştir. Örneğin, Bashir vd. (2020), Cao vd. (2021), He vd. (2021), Adebayo vd. (2022). Bu çalışmaların çoğunda yenilenebilir enerji CO₂ emisyonunu azaltmaktadır. Bu çalışmalardan Adebayo (2022), 1990-2018 dönemi için MINT ülkelerinde küreselleşme, ekonomik büyüme, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerjinin CO₂ emisyonundaki etkilerini incelemiştir. Çalışmanın sonucuna göre, ekonomik büyümenin ve yenilenemeyen enerji kullanımının çevrenin bozulmayı artırdığı; küreselleşme ve yenilenebilir enerji kullanımının ise çevrenin bozulmasını engellemeye yardımcı olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Küreselleşme ticaret faaliyetleri arttığında ölçek etkisi yoluyla kirliliği doğrudan artırabilirken; (Cole, 2004) politik küreselleşme ise kirliliği azaltıp çevre kalitesini artırmaktadır. (Bernauer et al., 2010). Küreselleşmenin CO₂ emisyonlarını azaltmadaki uzun vadeli olumlu etkisi, küreselleşmenin emisyonları azaltmadaki olumlu rolünü vurgulayan "California etkisi" hipotezini desteklerken; küreselleşme sonucu oluşan ticari açıklığın CO₂ emisyonlarını artırdığını ele alan "kirlilik cenneti-pollution haven" hipotezi ile çelişmektedir (Vogel, 1995). "California etkisi" çerçevesinde küreselleşmeyle beraber ülkelere FDI girişleri artmakta ve böylece CO₂ emisyonları azalmaktadır. Kirlilik Hale etkisi de (Pollution Halo Hypothesis) denilen bu hipoteze göre, yüksek teknoloji seviyelerine sahip ülkeler daha iyi yönetime ve daha az CO₂ emisyonuna sahip olacaktır (Shahbaz et al., 2011). Sasana vd. (2018) küreselleşmeyi farklı boyutlarıyla ele almış ve sosyal ve politik küreselleşmenin CO₂ emisyonunu artırdığını, ekonomik küreselleşmenin ise CO₂ emisyonunu azalttığını tespit etmiştir.

CO₂ emisyonunun yanında çevre kalitesini ekolojik ayak izi ile ölçen çalışmalarda son zamanlarda hızla artmıştır. Bu çalışmalarda enerji tüketimi, ekonomik büyüme, küreselleşme, ticari açıklık, finansal gelişme, kentleşme gibi değişkenler ile ekolojik ayak izi ilişkisi incelenmiştir. Bu çalışmalardan bazıları enerji verisi olarak yenilenebilir enerji tüketimini kullanarak çevresel kaliteyi ölçmüştür. Örneğin, Destek ve Sinha (2020), Ahmed vd. (2021), Alnour ve Atik (2021). Bu çalışmalarda yenilenebilir enerji tüketiminin artması, ekolojik ayak izini azaltarak daha temiz bir çevre oluşturmaktadır. Destek ve Sinha (2020) çalışmalarında, 1980-2013 dönemi için 24 OECD ülkesinde yenilenebilir ve yenilenemez enerji kullanımı, ekonomik büyüme ve ticari açıklığın ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmanın sonucuna göre, yenilenebilir enerji tüketiminin artması ekolojik ayak izini azaltırken, yenilenemeyen enerji tüketiminin artması çevresel bozulmayı artırmaktadır. Ayrıca ekonomik büyüme ile ekolojik ayak izi arasında U şekilli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bazı çalışmalarda ise enerji tüketimi verisi kullanılarak ekolojik ayak izi ilişkisi incelenmiştir. Örneğin, Al-Mulali ve Öztürk (2015), Öztürk vd. (2016), Öcal vd. (2020), Abid vd. (2021), Nathaniel (2021a), Nathaniel (2021b), Rehman vd. (2021). Bu çalışmalarda enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin çevresel tahribatı artırdığı görülmektedir. Örneğin, Öcal vd. (2020) 1968-2016 dönemi için Türkiye'de ekonomik büyüme, ticari açıklık, dış ticaret açıkları ve enerji tüketimindeki artışın ekolojik ayak izini

artırarak çevreyi kirlettiğini belirtmektedir. Ayrıca çalışmanın bulguları, yalnızca kirlilik emisyonlarını değil aynı zamanda çevresel bozulma için ekolojik ayak izini de dikkate almanın gerekli olduğunu göstermektedir.

Yapılan literatür çalışmalarının çoğunluğu Çevresel Kuznets eğrisi üzerinden konuyu ele almaktadır. Ancak bu çalışmada kübik bir fonksiyon olmaksızın, düz bir fonksiyonla çevre kalitesi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmaya temel referans Pata'nın (2021) çalışmasıdır. Bu çalışma literatürdeki çalışmalardan farklı olması için Çevresel Kuznets ele alınmadan güncel yöntem ve modelle çevre kalitesi ölçülmüştür.

Yapılan literatür çalışmalarında çevre kalitesi karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi değişkenleri kullanılarak ölçülmüştür. Ancak literatürde çevre değişkeni olarak hem karbon emisyonunu hem de ekolojik ayak izini aynı anda ele alan çalışmalar oldukça azdır. Aynı zamanda literatürde yenilenebilir enerjinin alt bileşenlerini analize dâhil eden çalışmalar sınırlıdır. Çalışmaların birçoğunda, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve küreselleşmenin karbon emisyonunu artırdığı ve ticari açıklık ile karbon emisyonu arasında negatif bir ilişki olduğu görülmektedir. Ancak yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan, enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticari açıklık ve küreselleşme ekolojik ayak izini artırırken; yenilenebilir enerji tüketiminin artması ekolojik ayak izini azaltmaktadır. Kısacası yenilenebilir enerji tüketimi arttıkça hem karbon emisyonu azalmakta hem de ekolojik ayak izi azalmaktadır. Diğer bir deyişle, yenilenebilir enerji tüketiminin artması çevresel tahribatı azaltmaktadır.

4. Ampirik Analiz

Çalışmada ampirik analiz başlığı altında, öncelikle incelenen modeller ve veri seti hakkında bilgi verilmektedir. Daha sonra konuya dair durağanlık incelemesi, eşbütünlüşme analizi, model tahmini ve nedensellik incelemesi yapılmaktadır. Sonuç bölümünde ise, ampirik sonuçlar ekonomik açıdan yorumlanarak, politika önerileri sunulmaktadır.

4.1. Model ve Veri Seti

Çalışmada konu ekolojik ayak izi ve CO₂ emisyonları perspektifinden ele alınmaktadır. Bu noktada, konunun kıyaslamalı analizi için iki farklı model kıyaslamalı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmada kullanılan modeller aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

$$\text{Model 1: } \ln EF_t = \beta_0 + \beta_1 \ln KOF + \beta_2 \ln GDP + \beta_3 \ln HYE + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\text{Model 2: } \ln CO2_t = \beta_0 + \beta_1 \ln KOF + \beta_2 \ln GDP + \beta_3 \ln HYE + \varepsilon_t \quad (2)$$

Çalışmada ampirik analiz için, 1971-2014 dönemi yıllık veriler kullanılmıştır. Hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi verisinin son dönem verileri olmadığı için, çalışmanın veri aralığı bu şekilde oluşturulmuştur. Ülkelerin karbon salınımlarına bakıldığında, ABD zirvede olan ülkelerin başında yer almaktadır. Bu nedenle konu ABD

için, güncel yöntemlerle incelenmiştir. Değişkenlere ilişkin kısaltmalar ve veri kaynakları Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo: 2
Veri Seti

Değişken	Değişkenlere Dair Kısaltmalar	Veri Kaynağı
EF	Ekolojik Ayak İzi	Global Footprint Network
CO ₂	CO ₂ emisyonları (kişi başına metrik ton)	World Bank
KOF	Ekonomik, politik ve sosyal küreselleşmeyi içeren endeks	KOF İsviçre Ekonomi Enstitüsü Veri Tabanı
HYE	Hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi (toplamın yüzdesi)	World Bank
GDP	Kişi başına GSYİH	World Bank

4.2. Durağanlık Analizi

Değişkenlerin arasındaki ilişkiyi analiz etmeden önce, durağanlık incelemesi yapılmıştır. Durağanlık incelemeleri geleneksel ADF ve Zivot-Andrews birim kök incelemesiyle yapılmıştır. Perron (1989) yapısal kırılmaların söz konusu olduğu durumlarda, birim kök temel hipotezinin reddedilememesinin söz konusu olabileceğini vurgulamıştır. Ayrıca geleneksel ADF testinin de gücünün azaldığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, yapısal kırılmaların dikkate alınabilmesi için birim kök incelemesi Zivot-Andrews (1992) testiyle yapılmıştır. Zivot-Andrews (1992) testiyle birlikte, geleneksel ADF testine göre de durağanlık incelemesi sonuçları raporlanmıştır. Söz konusu birim kök analiz sonuçları Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo: 3
Birim Kök Analiz Sonuçları

Değişkenler	Zivot-Andrews Sonuçları			ADF Sonuçları	
	Test İstatistikleri	Kırılma Tarihleri	p	Test İstatistikleri	p
lnEF	-2.890	2007	0	-1.099	0.707
lnCO ₂	-2.985	2008	3	-0.296	0.916
lnKOF	-2.863	1985	0	-1.231	0.652
lnHYE	-4.518	1987	0	-1.703	0.422
lnGDP	-4.629	2008	1	-1.604	0.471
ΔlnEF	-7.546***	1984	0	-6.595***	0.000
ΔlnCO ₂	-5.963***	1984	0	-5.476***	0.000
ΔlnKOF	-7.273***	1982	0	-6.485***	0.000
ΔlnHYE	-7.764***	2002	0	-7.512***	0.000
ΔlnGDP	-5.398***	1983	0	-4.867***	0.000

Not: *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 3'de yer alan birim kök incelemesi sonuçlarına göre, tüm değişkenlerin hem Zivot-Andrews birim kök testi hem de geleneksel ADF testine göre, I(1) itibarıyla durağan olduğu tespit edilmiştir. Bu noktada, bir sonraki aşama olan eşbütünleşme analizine geçilmiştir.

4.3. Eşbütünleşme Analizi

Banerjee vd. (2017) tarafından önerilen Fourier ADL eşbütünleşme analizinin temeli, otoregresif dağıtılmış gecikme modeline dayanmaktadır. Söz konusu model şu şekilde gösterilmektedir:

$$\Delta y_{1t} = d(t) + \vartheta_1 y_{1,t-1} + \gamma' y_{2,t-1} + \alpha \Delta y_{2t} + e_t \quad (3)$$

$d(t)$ deterministik terimi ifade etmekle birlikte şu şekilde gösterilmektedir:

$$d(t) = \beta_0 + \delta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (4)$$

Yukarıda yer alan denklemde, t , T ve π sırasıyla trende terimini, örneklem büyüklüğünü ve π sayısını (3.1416) ifade etmektedir. Ayrıca k frekans değerini temsil etmektedir. Denklem 2 modelde yerine yazıldığında, model şu şekilde gösterilmektedir:

$$\Delta y_{1,t} = \beta_0 + \delta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \vartheta_1 y_{1,t-1} + \gamma' y_{2,t-1} + \alpha \Delta y_{2t} + e_t \quad (5)$$

Banerjee vd. (2017) çalışmasında, frekans değerlerinin tam sayı değerler [1, 2, ..., 5] almasını önermişlerdir. Bu noktada, Ilkay vd. (2021) kalıcı kırılmalara vurgu yaparak, Christopoulos ve Leon-Ledesma (2011) çalışmalarında önerdiği kesirli frekans değerlerini dikkate almışlardır. Dolayısıyla frekans değerlerinin (k) tam sayı değerler [1, 2, ..., 5] yerine, kesirli şekilde [0.1, 0.2, ..., 5] değişmesine izin verilmiştir.

Çalışmada değişkenlerin fark itibarıyla durağan olduğu tespit edildikten sonra, eşbütünleşme ilişkisinin incelenmesindeki ön koşulu sağlandığı tespit edilmiştir. Bu noktada, eşbütünleşme ilişkisinin gerekli ön koşulunun sağlandığı ortaya konulmuştur. Eşbütünleşme ilişki Fourier ADL ve Kesirli Fourier ADL yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Bu noktada, Tablo 4'te Fourier ADL eşbütünleşme test sonuçlarına yer verilirken; Tablo 5'te Kesirli Frekanslı Fourier-ADF test sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo: 4
Fourier-ADL Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Modeller	$t_{ADL}^f(\hat{k})$	\hat{k}	AIC	Gecikme	1%	5%	Eşbütünleşme İlişkisi
$\ln EF = f(\ln KOF, \ln GDP, \ln HYE)$	-5.472***	1	-4.371	ADL(3,4,2,2,4)	-5.17	-4.51	✓
$\ln CO_2 = f(\ln KOF, \ln GDP, \ln HYE)$	-4.589**	1	-4.757	ADL(4,4,3,1,1)	-5.17	-4.51	✓

Not: *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 4'te yer alan Fourier ADL eşbütünleşme analizi sonuçlarına göre, her iki modelde de eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu saptanmıştır. Elde edilen bu sonuç, uzun dönemli ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır.

Tablo: 5
Kesirli Frekanslı Fourier-ADL Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Models	$t_{ADL}^f(\hat{k})$	\hat{k}	AIC	Lags	1%	5%	Eşbütünleşme İlişkisi.
$\ln EF = f(\ln KOF, \ln GDP, \ln HYE)$	-5.548***	1.1	-4.393	ADL(3,4,2,2)	-5.16	-4.48	✓
$\ln CO_2 = f(\ln KOF, \ln GDP, \ln HYE)$	-0.448	3.3	-4.884	ADL(4,4,2,2)	-4.828	-4.114	X

Not: *** ve ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Tablo değerleri için Ilkay, Yılanca, Ulucak ve Jones (2021) çalışmasından yararlanılmıştır.

Tablo 5'te yer alan Kesirli Frekanslı Fourier ADL eşbütünleşme analizi sonuçlarına göre, ilk modelde eşbütünleşme ilişkisinin varlığı saptanırken; ikinci modelde eşbütünleşme

ilişkinin olmadığı ortaya konulmuştur. Bu noktada, nedensellik incelemesinde tam sayı frekans değerleri ele alındığı için, Fourier ADL eşbütünleşme analizi sonuçlarına göre model tahmini aşamasına geçilmiştir.

4.4. Model Tahmini

Katsayı tahmini için, FMOLS tahmincisi kullanılmıştır. Tablo 6'da katsayı tahmin sonuçlarına yer verilmektedir. Buna göre hem model 1 hem de model 2'de, GDP ve HYE değişkenlerinin istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Her iki modelde de GSYİH'nin ekolojik ayak üzerinde pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde her iki modelde HYE'nin CO₂ emisyonları üzerinde negatif etkisi olduğu ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar, teorik ve istatistiki olarak anlamlıdır.

Tablo: 6
Uzun Dönem Katsayı Tahmincisi Sonuçları (FMOLS)

Modeller	$\ln EF = f(\ln KOF, \ln GDP, \ln HYE)$		$\ln CO_2 = f(\ln KOF, \ln GDP, \ln HYE)$	
	Katsayılar	p-değeri	Katsayılar	p-değeri
KOF	0.514	0.149	0.339	0.275
GDP	1.368***	0.000	1.134***	0.000
HYE	-0.043*	0.071	-0.040*	0.052
SIN	-0.004	0.249	-0.003	0.309
COS	-0.003	0.401	-0.003	0.380
C	-0.035	0.000	-0.030	0.000

Not: *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılık göstermektedir.

4.5. Nedensellik Analizi

Toda-Yamamoto (1995), VAR(p+d) modelinin tahminine vurgu yapmaktadır. Bu noktada, serilerin seviyede durağan olması gereklilik olmaktan çıkmaktadır. Bu sayede, serilerin daha fazla bilgi taşıması mümkün hale gelmektedir. Toda-Yamamoto (TY) nedensellik testinde iki önemli parametre bulunmaktadır. Bunlardan ilki, uygun gecikme uzunluğu (p) iken, diğeri maksimum entegrasyon derecesidir. Söz konusu parametrelerin dahil olduğu model şu şekilde gösterilmektedir:

$$y_t = d(t) + \vartheta_1 y_{t-1} + \dots + \vartheta_{p+d} y_{t-(p+d)} + e_t \quad (6)$$

$d(t)$ deterministik terimi ifade etmektedir. Nazlıoğlu vd. (2016) çalışmalarında, Toda-Yamamoto çerçevesini Fourier yaklaşımı yoluyla yapısal değişimlerle genişleterek, Granger nedensellik analizindeki kırılmaları hesaba katmak yeni bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Tarihi, sayısı ve kırılma şekli bilinmeyen kademeli bir süreç olarak, yapısal değişimleri yakalamak için Fourier açılımı şu şekilde ifade edilmektedir:

$$d(t) = \beta_0 + \sum_{k=1}^n \delta_{1k} \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{k=1}^n \delta_{2k} \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (7)$$

Yukarıda yer alan denklemde, n frekans sayısını, δ_{1k} frekans boyutunu, δ_{2k} frekans değişikliğini ifade etmektedir. Nazlıoğlu vd. (2016) çalışmalarında deterministik terimi modele dahil ederek, modeli yumuşak yapısal kırılmalarla ifade etmiştir. Bu noktada, Nazlıoğlu vd. (2016) tekli Fourier frekansı ile $d(t)$ 'yi şu şekilde ifade etmektedir:

$$d(t) = \beta_0 + \delta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (8)$$

$d(t)$ 'nin Model 4'te yerine yazılmasıyla birlikte Denklem 9 elde edilmektedir.

$$y_t = \beta_0 + \delta_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \vartheta_1 y_{t-1} + \dots + \vartheta_{p+d} y_{t-(p+d)} + e_t \quad (9)$$

Denklem 9'da yer alan modelde öncelikle, Fourier frekansının (k) ve gecikme uzunluğunun (p) tespit edilmesi gerekmektedir. Burada, k ve p'nin optimal sayısı tespit edilirken bilgi kriterlerinden en küçük değerleri veren k ve p değerleri ele alınmaktadır (Nazlıoğlu et al., 2016: 15). Nedensellik analizine ilişkin söz konusu hipotezler şu şekilde kurulmaktadır:

H_0 =Nedensellik ilişkisi yoktur.

H_1 = Nedensellik ilişkisi vardır.

Nedensellik ilişkisini tespit etmek için, Fourier Toda-Yamamoto nedensellik analizi yapılmıştır. Söz konusu analiz sonuçları Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7
Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

H_0 Hipotez	Wald Test İstatistiği	Asymptotic Olasılık Değeri	Bootstrap Olasılık Değeri	Uygun Gecikme Uzunluğu	Uygun Frekans Değeri
lnEF= f (lnKOF, lnGDP, lnHYE)					
KOF/→ EF	1.315	0.240	0.250	1	1
GDP/→ EF	4.607	0.031**	0.038**	1	1
HYE/→ EF	2.703	0.100*	0.112	1	1
EE/→ KOF	2.539	0.111	0.120	1	1
EE/→GDP	3.159	0.075*	0.082*	1	1
EE/→HYE	0.736	0.390	0.396	1	1
lnCO ₂ = f (lnKOF, lnGDP, lnHYE)					
KOF/→ CO ₂	7.102	0.007***	0.010***	1	1
GDP/→ CO ₂	0.158	0.690	0.699	1	1
HYE/→ CO ₂	1.442	0.229	0.239	1	1
CO ₂ /→ KOF	0.054	0.814	0.813	1	1
CO ₂ /→GDP	0.258	0.610	0.614	1	1
CO ₂ /→HYE	0.012	0.910	0.914	1	1

Not: *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılık göstermektedir. 10.000 adet bootstrap simülasyonu ile analizler yapılmıştır.

Tablo 7'de yer alan nedensellik analiz sonuçlarına göre, ilk modelde kişi başı GSYİH'den EF'ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Benzer şekilde, HYE'den EF'ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. İkinci modelde ise, sadece KOF'dan CO₂'ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Analiz sonucunda ortaya konulan nedensellik sonucu ve nedenselliğin yönü Tablo 8'de özetlenmektedir.

Tablo: 8
Nedensellik Sonuçlarının Özeti

Modeller		Nedensellik
$\ln EF = f(\ln KOF, \ln GDP, \ln HYE)$	GDP \leftrightarrow EF HYE \rightarrow EF	✓
$\ln CO_2 = f(\ln KOF, \ln GDP, \ln HYE)$	KOF \rightarrow CO ₂	✓

5. Sonuç

Küresel ısınma, küresel iklim değişikliği ve su kirliliği gibi çevresel sorunlar gelecek nesilleri tehdit etmektedir. Küresel emisyonların nerdeyse tamamına sahip olan ülkeler, küresel ısınmayı kontrol edebilmek ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için önce 1997'de Kyoto Protokolünü, daha sonra 2016'da Paris iklim anlaşmasını kabul etmesine rağmen halen karbon emisyonlarını ve ekolojik ayak izini artırmaya devam etmektedir. Bu eksenle, yaşadığımız çevre kirlenmekte ve çevresel tahribat artmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma küreselleşme, ekonomik büyüme ve hidroelektrik enerjinin karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Karbon emisyonu ve ekolojik ayak izinde, dünyada ilk 10 ülke içinde olan, diğer bir deyişle çevresel bozulmayı artıran ABD örneklem ülke olarak seçilmiştir. Bu amaçla, pürüzsüz kırılmaları da ele alan Fourier yaklaşımıyla ADL eşbütünleşme ve Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testleri kullanılmıştır.

Çalışmada konu iki farklı modelle ele alınarak detaylı şekilde incelenmiştir. Bu noktada, İlkay vd.'nin (2021) çalışmalarında önerilen Kesirli Fourier ADL eşbütünleşme testi ile konu incelenmiştir. Söz konusu yöntem oldukça güncel olmakla birlikte, incelenen konuya dair literatürün genişletilmesi noktasında önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çünkü söz konusu yöntemin ele alındığı çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Ayrıca çalışmada, karşılaştırma yapabilmek adına Fourier ADL eşbütünleşme testine ve Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testine yer verilmiştir.

Çalışmada, ABD'de küreselleşme, ekonomik büyüme ve hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretiminin karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi, Fourier ADL eşbütünleşme ve Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testleri ile araştırılmıştır. Çalışmada ampirik analiz için, 1971-2014 dönemi yıllık veriler kullanılmıştır. Hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi verisinin son dönem verileri olmadığı için, çalışmanın veri aralığı bu şekilde oluşturulmuştur. Çalışmada ABD'nin ele alınmasının nedeni hem ekolojik ayak izi hem de karbon emisyonunda ABD'nin ilk sıralarda yer almasıdır. Diğer bir deyişle dünyanın en büyük çevre kirleticilerinden biri olan ABD'de hidroelektrik enerjinin öneminin vurgulanmasıdır.

Fourier ADL testi sonuçları, hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi, küreselleşme, kişi başı GSYİH, ekolojik ayak izi ve CO₂ emisyonlarının eş bütünleşik olduğunu ortaya koymaktadır. Kesirli Frekanslı Fourier ADL eşbütünleşme analizinde de ekolojik ayak izini inceleyen Model 1'de eşbütünleşik ilişki mevcutken; CO₂ emisyonunu inceleyen Model 2'de eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı ortaya konulmuştur. Bu noktada, nedensellik incelemesinde tam sayı frekans değerleri ele alındığı için, Fourier ADL

eşbütünlüşme analizi sonuçlarına göre model tahmini aşamasına geçilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre, kişi başı GSYİH'daki artışlar ekolojik ayak izini artırmaktadır. Ayrıca hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretiminin CO₂ emisyonları üzerinde negatif etkisi vardır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynakları içinde hidroelektrik kaynaklar kullanıldıkça ABD'de CO₂ emisyonları azalmaktadır. Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçları, hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretiminden ve kişi başı GSYİH'dan ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedenselliklerin varlığını göstermektedir. Ayrıca KOF'dan CO₂'ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Çalışmada kişi başı GSYİH'daki artışların ekolojik ayak izini artırdığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar Öcal vd. (2020) ve Rehman vd.'nin (2021) sonuçlarıyla örtüşmektedir. Çalışmada yenilenebilir enerji değişkeni yerine hidroelektrik enerji kullanılmıştır. Ele alınan literatürde hidroelektrik enerji kullanılmamıştır. Yapılan analiz neticesinde hidroelektrik enerjideki artışın CO₂ emisyonlarını azalttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar Bashir vd. (2020), Khan vd. (2020), Cao vd. (2021) ve Adebayo vd.'nin (2022) sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Bulunan ekonometrik bulgular ışığında çalışma bazı politika öneriler sunmaktadır:

I) ABD için yenilenebilir enerji çevre kalitesinin artırılması ve çevresel bozulmayı önlemek için önemli bir etkidir. Hidroelektrik enerjiler kurulum aşamasında çevreye zarar verse de ve yeni projeleri sınırlasa da uzun dönemde çevre kirliliğini azaltacaktır. Ayrıca diğer enerji kaynaklarına göre daha ucuz olmasından dolayı alternatif enerji kaynaklarına göre tercih edilmektedir. Çalışmada da hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretiminin CO₂ emisyonlarını azalttığı görülmektedir. Bu nedenle dünyanın en büyük çevre kirleticilerinden biri olan ABD'de hidroelektrik enerjinin kullanılması hem daha temiz bir ABD hem de daha temiz bir dünya yaratacaktır. Aynı zamanda diğer enerji kaynaklarına göre daha temiz bir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerji, küresel iklim değişikliği ve küresel ısınmaya karşı tüm ülkelerin daha fazla kullanması gereken bir enerji kaynağı olmalıdır.

II) Dünyanın en büyük ekonomik gücü olan ABD, küreselleşmenin ve ticaretin merkezidir. Küreselleşme ve GDP, çevresel tahribatın artmasına neden olmaktadır. ABD, ekolojik ayak izi ve CO₂ emisyonunda dünyada ilk 10'da yer alan ülkelerden biridir. Ortalama bir Amerikalının ekolojik ayak izi dünya ortalamasının 3 katıdır. Bu nedenle ABD, dünyanın en büyük kirleticilerinden biridir. Dolayısıyla oluşan bu çevresel bozulmayı önlemenin yolu, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir. Çünkü yapılan çalışmaların birçoğunda görüldüğü üzere, yenilenebilir enerji kullanımı arttıkça karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi azalmaktadır. Böylece ABD'deki ve dünyadaki çevresel tahribat azalacaktır.

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik enerjisi kullanılmıştır. Yakın gelecekte ABD için bu konu özelinde yapılacak çalışmalarda hidroelektrik enerjisi yerine başka değişkenler kullanılabilir. Öyle ki; ABD, jeotermal enerji kurulu gücü ve nükleer enerji santrali kurulu gücü açısından dünyada 1. sıradadır. Aynı zamanda, güneş ve

rüzgâr enerji santrali kurulu gücü açısından ise Çin'in ardından dünyada 2. sıradadır. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda, bu dört değişken kullanılabilir. Diğer bir tavsiye olarak da ekolojik ayak izinin 6 alt bileşeni kullanılarak da bu çalışma ABD ya da farklı ülke grupları için ele alınabilir. Böylece yenilenebilir enerjinin çevre üzerindeki etkileri için daha kapsamlı bilgilere ulaşılabilecektir.

Kaynaklar

- Abid, A. et al. (2021), "Analyzing ecological footprint through the lens of globalization, financial development, natural resources, human capital and urbanization", *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 15(4), 765-795.
- Adebayo, T.S. et al. (2022), "The influence of renewable energy usage on consumption-based carbon emissions in MINT economies", *Heliyon*, 8(2), e08941.
- Ahmed, Z. et al. (2021), "Economic growth, renewable energy consumption, and ecological footprint: Exploring the role of environmental regulations and democracy in sustainable development", *Sustainable Development*, 30, 595-605.
- Akın, C.S. (2014), "The impact of foreign trade, energy consumption and income on CO₂ emissions", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(3), 465-475.
- Al-Mulali, U. & İ. Özturk (2015), "The effect of energy consumption, urbanization, trade openness, industrial output, and the political stability on the environmental degradation in the MENA (Middle East and North African) region", *Energy*, 84, 382-389.
- Alnour, M. & H. Atik (2021), "The dynamic implications of globalization and renewable energy in Turkey: Are they vital for environmental sustainability? An Svar analysis", *Bilgi*, 23(2), 288-314.
- Amri, F. (2018), "Carbon dioxide emissions, total factor productivity, ICT, trade, financial development, and energy consumption: testing environmental Kuznets curve hypothesis for Tunisia", *Environmental Science and Pollution Research*, 25(33), 33691-33701.
- Anser, M.K. et al. (2021), "Does globalization affect the green economy and environment? The relationship between energy consumption, carbon dioxide emissions, and economic growth", *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 51105-51118.
- Banerjee, P. et al. (2017), "Fourier ADL cointegration test to approximate smooth breaks with new evidence from Crude Oil Market", *Econ. Modell.*, 67, 114-124.
- Barrett, S. (2000), "Trade and environment: local versus multilateral reforms. Environment and Development Economics", 5(4), 349-359.
- Bashir, M.F. et al. (2020), "The nexus between environmental tax and carbon emissions with the roles of environmental technology and financial development", *Plos One*, 15(11), e0242412.
- Baydoun, H. & M. Aga (2021), "The effect of energy consumption and economic growth on environmental sustainability in the GCC countries: does financial development matter?", *Energies*, 14(8), 5897.
- Bazan, G. (1997), "Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth", *Electronic Green Journal*, 1(7), doi: 10.5070/G31710273.

- Bernauer, T. & P.M. Kuhn (2010), "Is there an environmental version of the Kantian peace? Insights from water pollution in Europe", *European Journal of International Relations*, 20(10), 1-26.
- Cao, H. et al. (2021), "Impact of globalization, institutional quality, economic growth, electricity and renewable energy consumption on carbon dioxide emission in OECD countries", *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 24191-24202.
- Chebbi, H.E. et al. (2011), "Trade openness and CO₂ emissions in Tunisia", *Middle East Development Journal*, 3(1), 29-53.
- Chienwattanasook, K. et al. (2021), "The impact of economic growth, globalization, and financial development on CO₂ emissions in ASEAN countries", *Academy of Strategic Management Journal*, 20(3), 1-14.
- Christopoulos, D.K. & M.A. Leon-Ledesma (2011), "International output convergence, breaks, and asymmetric adjustment", *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, 15(3), <https://doi.org/10.2202/1558-3708.1823>.
- Cole, M.A. & E. Neumayer (2004), "Examining the impact of demographic factors on air pollution", *Population and Environment*, 26(1), 5-21.
- Cole, M.A. et al. (1997), "The environmental Kuznets curve: An empirical analysis", *Environment and Development Economics*, 2(4), 401-416.
- Dauda, L. et al. (2021), "Innovation, Trade Openness and CO₂ Emissions in Selected Countries in Africa", *Journal of Cleaner Production*, 281, 125143.
- Destek, M. & A. Sinha (2020), "Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: Evidence from organisation for economic Co-operation and development countries", *MPRA Paper No. 104246*.
- Dinda, S. et al. (2000), "Air quality and economic growth: An empirical study", *Ecological Economics*, 34, 409-423.
- Ertuğrul, H.M. et al. (2016), "The impact of trade openness on global carbon dioxide emissions: evidence from the top ten emitters among developing countries", *Ecological Indicators*, 67, 543-555.
- Essandoh, O.K. et al. (2020), "Linking international trade and foreign direct investment to CO₂ emissions: any differences between developed and developing countries?", *Science of the Total Environment*, 712, 136437.
- Farhani, S. et al. (2013), "Panel analysis of CO₂ emissions, GDP, energy consumption, trade openness and urbanization for Mena countries", *MPRA Paper No. 49258*.
- Global Footprint Network (2022), <<https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>>, 28.12.2022.
- Grossman, G.M. & A.B. Krueger (1991), *Environmental impacts of a North American free trade agreement*, National Bureau of Economic Research, 3914.
- He, K. et al. (2021), "Does globalization moderate the effect of economic complexity on CO₂ emissions? Evidence from the top 10 energy transition economies", *Frontiers in Environmental Science*, 9, 778088.
- İlkay, S.C. et al. (2021), "Technology spillovers and sustainable environment: Evidence from time-series analyses with Fourier extension", *Journal of Environmental Management*, 294, 113033.

- Jena, P.R. & U. Grote (2008), "Growth-trade-environment nexus in India", *Economics Bulletin*, 17(11), 1-11.
- Kalaycı, C. & P. Hayaloğlu (2018), "The impact of economic globalization on CO₂ emissions: The case of NAFTA countries", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(1), 356-360.
- Kasman, A. & Y.S. Duman (2015), "CO₂ emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in New EU member and candidate countries: a panel data analysis", *Economic Modelling*, 44, 97-103.
- Keleş, Ö. (2010), "Sürdürülebilir yaşam göstergesi: Ekolojik ayak izi", *Tabiat ve İnsan*, 2(2), 3-10.
- Khan, M.K. et al. (2020), "The relationship between energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in Pakistan", *Financial Innovation*, 6(1), 1-13.
- KOF (2022), *KOF Globalisation Index*, <<https://kof.ethz.ch/en/forecasts-andindicators/indicators/kof-globalisation-index.html>>, 29.12.2022.
- Latif, Z. et al. (2018), "The dynamics of ICT, foreign direct investment, globalization and economic growth: Panel estimation robust to heterogeneity and cross-sectional dependence", *Telematics and Informatics*, 35(2), 318-328.
- Li, S. et al. (2022), "The impact of green investment, technological innovation, and globalization on CO₂ emissions: evidence from MINT countries", *Frontiers in Environmental Science*, 10, 868704.
- Lv, Z. & T. Xu (2019), "Trade openness, urbanization and CO₂ emissions: dynamic panel data analysis of Middle-income countries", *The Journal of International Trade & Economic Development*, 28(3), 317-330.
- Managi, S. et al. (2009), "Does trade openness improve environmental quality?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(3), 346-363.
- Nathaniel, S.P. (2021a), "Ecological footprint and human well-being nexus: accounting for broad-based financial development, globalization, and natural resources in the Next-11 countries", *Future Business Journal*, 7(24), 1-18.
- Nathaniel, S.P. (2021b), "Natural resources, urbanisation, economic growth and the ecological footprint in South Africa: the moderating role of human capital", *Quaestiones Geographicae*, 40(2), 63-76.
- Nazlıoğlu, S. et al. (2016), "Oil prices and real estate investment trusts (REITs), Gradual-shift causality and volatility transmission analysis", *Energy Economics*, 60, 168-175.
- Öcal, O. vd. (2020), "The effects of economic growth and energy consumption on ecological footprint and carbon emissions: evidence from Turkey", *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(3), 667-681.
- Öztürk, I. et al. (2016), "Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis: the role of tourism and ecological footprint", *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1916-1928.
- Pata, U.K. (2021), "Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO₂ emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective", *Renewable Energy*, 173, 197-208.
- Perron, P. (1989), "The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis", *Econometrica*, 57, 1361-1401.

- Phong, L.H. et al. (2018), "The role of globalization on carbon dioxide emission in Vietnam incorporating industrialization, urbanization, gross domestic product per capita and energy use", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(6), 275-283.
- Rehman, A. et al. (2021), "The impact of globalization, energy use, and trade on ecological footprint in Pakistan: Does environmental sustainability exist?", *Energies*, 14, 5234.
- Sahu, N.C. & P. Kumar (2020), "Impact of globalization, financial development, energy consumption, and economic growth on CO₂ emissions in India: Evidence from ARDL approach", *Journal of Economics, Business and Management*, 8(3), 241-245.
- Salahuddin, M. et al. (2019), "Urbanization-globalization-CO₂ emissions nexus revisited: empirical evidence from South Africa", *Heliyon*, 5, e01974.
- Salman, M. et al. (2019), "Different impacts of export and import on carbon emissions across 7 ASEAN countries: a panel quantile regression approach", *Science of the Total Environment*, 686, 1019-1029.
- Sasana, H. et al. (2018), "The impact of globalization against environmental condition in Indonesia", *E3S Web of Conferences* 73, 02012, ICENIS 2018.
- Sbia, R. et al. (2014), "A contribution of foreign direct investment, clean energy, trade openness, carbon emissions and economic growth to energy demand in UAE", *Economic Modelling*, 36, 191-197.
- Shafik, N. & S. Bandyopadhyay (1992), "Economic growth and environmental quality: time series and cross-section evidence", *Background Paper for the 1992 World Development Report*, Washington DC: The World Bank.
- Shahbaz, M. et al. (2011), "Environmental consequences of economic growth and foreign direct investment: evidence from panel data analysis", *MPRA Paper* 32547.
- Shahbaz, M. et al. (2013), "The effects of financial development, economic growth, coal consumption and trade openness on CO₂ emissions in South Africa", *Energy Policy*, 61, 1452-1459.
- Shahbaz, M. et al. (2017a), "Trade openness-carbon emissions nexus: the importance of turning points of trade openness for country panels", *Energy Economics*, 61, 221-232.
- Shahbaz, M. et al. (2017b), "The impact of globalization on CO₂ emissions in China", *The Singapore Economic Review*, 62(4), 929-957.
- Shahbaz, M. et al. (2019), "The technical decomposition of carbon emissions and the concerns about FDI and trade openness effects in the United States", *International Economics*, 159, 56-73.
- Sharmin, M. & M. Tareque (2018), "Econometric analysis of the effect of economic globalization, energy intensity, urbanization, industrialization and growth on CO₂ emissions of Bangladesh", *Managing Global Transitions*, 16(4), 335-354.
- Stern, D.I. (2004), "The rise and fall of the environmental Kuznets curve", *World Development*, 32(8), 1419-1439.
- Toda, H.Y. & T. Yamamoto (1995), "Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes", *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250.
- Vogel, D. (1995), *Trading up: consumer and environmental regulation in a global economy*, Cambridge/MA.

- Wackernagel, M. & W. Rees (1996), *Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth*, Canada: New Society Publishers.
- Worldbank (2022), *World Development Indicators*, <<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>>, 29.12.2022.
- wwf (2022), *World Wildlife-Kırmızı Alarm*, <<https://wwf.org.tr>>, 29.12.2022.
- Zhang, S. et al. (2017), "Does trade openness affect CO₂ emissions: evidence from ten newly industrialized countries?", *Environ Sci Pollut Res*, 24, 17616-17625.
- Zivot, E. & D.W.K. Andrews (1992), "Further Evidence on the Great Crash, the OilPrice Shock, and the Unit-Root Hypothesis", *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251-270.

Kamacı, A. (2024). "Küreselleşme, Hidroelektrik Enerji, Ekonomik Büyüme, CO₂ Emisyonları ve Ekolojik Ayak İzi İlişkisinin ABD İçin Analizi: Kesirli Fourier ADL Eşbütünleşme Yöntemi", *Sosyoekonomi*, 32(59), 249-267.