

CO₂ Emisyonlarındaki Dalgalanmalar ile GSYİH'deki Dalgalanmalar Arasındaki İlişki: Dünya ve Farklı Gelir Grupları İçin Bir Değerlendirme

İbrahim Murat Bicil¹

Özet

Bu çalışmada, Karbon emisyonlarındaki dalgalanmalar ile GSYİH'deki dalgalanmalar arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla Dünya Bankası gelir sınıflandırması temel alınmaktadır. Bu bağlamda, dünya bankası sınıflandırmasına göre yüksek gelir, üst orta gelir, orta gelir, alt orta gelir, düşük gelir ve tüm dünya için GSYİH ve CO₂ emisyonlarına ait 1990-2020 dönemini içeren zaman serileri, Hodrick-Prescott filtresi kullanılarak trend ve devresel bileşenlere ayrıştırılmaktadır. Daha sonra, serilerin devresel bileşenleri arasındaki korelasyon ve nedensellik ilişkileri analiz edilmektedir. Korelasyon bulguları, GSYİH'deki dalgalanmalar ile CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalar arasındaki ilişkinin pozitif yönlü olduğunu göstermektedir. Nedensellik bulgularına göre, yüksek gelir grubunda CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalardan GSYİH'deki dalgalanmalara tek yönlü nedensellik gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, üst orta gelir grubu ve orta gelir grubunda da CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalardan GSYİH'deki dalgalanmalara tek yönlü nedensellik bulunmaktadır. Alt orta gelir grubunda ise GSYİH'deki dalgalanmalar ile CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalar arasında çift yönlü nedensellik gözlemlenmektedir. Düşük gelir grubunda ise GSYİH'deki dalgalanmalardan CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalara tek yönlü nedensellik gözlemlenmektedir. Dünya genelinde ise GSYİH'deki dalgalanmalar ile CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalar arasında çift yönlü nedensellik olduğu sonucuna varılmıştır.

1 Doç. Dr. Balıkesir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, muratbicil@balikesir.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4684-5626>.

1. Giriş

Birleşmiş Milletler' in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri hem ekonomik büyümeye hem de çevresel sürdürülebilirliğe ilişkin hedefleri içermektedir. Bu hedeflere ulaşmak, ekonomik kalkınma ile çevrenin korunması arasında bir denge gerektirmektedir. Bu bağlamda CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalar ile Gayri Safi Yurtiçi Hasıladaki (GSYİH) dalgalanmalar arasındaki ilişki oldukça ilgi çeken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Araştırmacılar ve politika yapıcılar, ekonomik büyümenin çevresel etkilerini göz önünde bulundurarak, GSYİH'nin karbon emisyonlarıyla nasıl ilişkili olduğunu anlamaya çalışmaktadır. Bu ilişkinin dünya ve farklı gelir grupları açısından bir değerlendirilmesi de politika üretme ve düzenleyici önlemlerin tasarımında yararlı olacaktır.

Çoğu durumda, GSYİH büyümesi ile CO₂ emisyonları arasında pozitif bir korelasyon vardır. Ekonomiler büyüdükçe genellikle daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar, bu da özellikle enerji kullanımının ağırlıklı olarak fosil yakıtlara dayanması durumunda emisyonların artmasına neden olur. Bazı ülkeler ve bölgeler ekonomik büyümeyi karbon emisyonlarından ayırmaya yönelik çabalar göstermektedir. Bu, emisyonlarındaki ilgili artışı en aza indirirken ekonomik büyümenin sağlanmasını da içermektedir. Teknolojik gelişmeler, enerji verimliliği önlemleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, ayrıştırma çabalarına katkıda bulunmaktadır.

Yüksek gelirli ülkeler, daha yüksek sanayileşme ve enerji tüketimi nedeniyle kişi başına daha yüksek emisyonlara sahip olma eğilimindedir. Gelişmekte olan ekonomiler, hızlı sanayileşme yaşarken, yoğun ekonomik büyüme dönemlerinde emisyonlarda daha dik bir artış gösterebilir. Düşük gelirli ülkelerin genel emisyonları daha düşük olabilir ancak iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha savunmasız olabilirler. Sıkı çevresel düzenlemeler, karbon fiyatlandırma mekanizmaları ve sürdürülebilir kalkınma politikaları, GSYİH ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi etkileyebilir. Proaktif iklim politikalarına sahip ülkeler, ekonomik büyümeye daha yavaş bir emisyon artışının eşlik ettiği daha olumlu bir eğilim yaşayabilir.

Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi, çevresel bozulma ile gelir düzeyleri arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu öne sürmektedir. Başlangıçta gelir arttıkça çevresel bozulma artmakta, ancak belli bir gelir düzeyinin üzerinde artan farkındalık ve politika müdahaleleri nedeniyle çevresel bozulma azalmaya başlamaktadır. Bununla birlikte, CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalar ile GSYİH arasındaki ilişki çok yönlüdür ve ekonomik yapıdan, politika müdahalelerinden, teknolojik gelişmelerden ve küresel dinamiklerden etkilenmektedir. Ekonomik büyümeyi karbon emisyonlarından ayırma

çabaları, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesi açısından hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Karbon emisyonlarındaki dalgalanmalar ile GSYİH'deki dalgalanmalar arasındaki ilişki Dünya Bankası gelir sınıflaması dikkate alınarak farklı gelir grupları ve Dünya için analiz edilmektedir. Bu çerçevede dünya bankası sınıflandırmasına göre yüksek gelir, üst orta gelir, orta gelir, alt orta gelir, düşük gelir ve tüm dünya için GSYİH ve CO₂ emisyonlarına ilişkin 1990-2020 dönemini kapsayan zaman serileri Hodrick-Prescott filtresi ile trend ve devresel bileşenlerine ayrıştırılmaktadır. Ardından serilerin devresel bileşenleri arasındaki korelasyon ve nedensellik ilişkileri analiz edilmektedir.

2. Literatür

CO₂ emisyonları ile Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) arasındaki ilişki literatürde birçok araştırmanın konusu olmuştur. Literatürde iki değişken arasındaki ilişki farklı dönemler, farklı ülkeler ve ülke grupları için zaman serisi ve panel veri modelleri ile ele alınmaktadır. Bu noktada dikkat çeken hususlardan biri iki değişken arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkilerin ortaya konması çevre politikaları oluşturmada, regülasyonların tasarımında, emisyon azaltım stratejileri oluşturmada faydalı sonuçlar sağlamasıdır. Bu bakımdan birçok araştırma CO₂ ve GSYİH arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri farklı yöntemlerle test etmektedir. Literatürde son dönemde GSYİH ve CO₂ arasındaki ilişkiyi farklı ülkeler, ülke grupları ve gelir grupları için araştırmaya konu olan zaman serilerinin bileşenlerini kullanarak ele alan çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalar GSYİH ve CO₂ emisyonu zaman serilerinin devresel ve trend bileşenlerini ayrıştırarak genellikle serilerin devresel bileşenlerine odaklanmaktadır. Bu tür zaman serilerini bileşenlerine ayırmada farklı filtreleme teknikleri kullanılsa da ağırlıklı olarak Hodrick-Prescott filtresinin kullanıldığı görülmektedir. GSYİH ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi serilerin bileşenlerini dikkate alarak analiz eden çalışmalar genellikle GSYİH'deki dalgalanmaların CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalar üzerindeki etkilerinden yola çıkmaktadırlar. Bu bağlamda CO₂ emisyonları ve GSYİH arasındaki ilişkiyi zaman serilerinin bileşenleri bakımından ele alan çalışmalardan bazıları Doda (2014), Yaşar (2017), Sarwar, Ali ve Hussain (2021) ve Azami ve Angazbani (2020) şeklindedir. Takip eden kısımda bu ve benzeri çalışmalara ilişkin açıklamalara yer verilmektedir.

Doda (2014)'e göre CO₂ emisyonları ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) devresel dalgalanmaları boyunca birlikte hareket eder. Doda (2014) emisyonlar ve GSYİH serilerini büyüme ve devresel bileşenlerine ayırarak,

bu ilişkiyi kapsamlı bir ülke panelinde analiz etmiş ve bunu Hodrick-Prescott (HP) filtresini kullanarak gerçekleştirmiştir. Çalışmada devresel bileşenlere odaklanılarak dört bulguya ulaşılmıştır. Bunlardan ilki emisyonlar, devresel dalgalanmalara uyarlı olmasıdır. İkincisi emisyonların devresel dalgalanmalara uygunluğunun baş başa GSYİH ile pozitif bir korelasyona sahip olmasıdır. Üçüncüsü emisyonların, GSYİH'den devresel olarak daha volatil (oynak) olduğudur. Dördüncüsü emisyonların devresel volatilitésinin, kişi başına düşen gelirle negatif bir korelasyona sahip olduğudur.

Khan, Khan, Zaman ve Naz (2014), düşük orta gelir, yüksek orta gelir ve ağır borçlu ülkeleri, Doğu Asya ve Pasifik, Doğu Avrupa ve Orta Asya, Latin Amerika ve Karayipler, Orta Doğu ve Kuzey Afrika, Güney Asya, Alt-Sahra Afrika gibi farklı ülke grupları ve dünya genelindeki toplu verileri de içerecek şekilde enerji tüketimi ile sera gazı emisyonları arasındaki uzun vadeli ilişkiyi incelemektedir. Veriler, 1975 ile 2011 yılları arasında çeşitli ekonometrik teknikler kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, sera gazı emisyonları (tarımsal metan emisyonu, tarımsal nitrojen dioksit emisyonu ve karbon dioksit emisyonu) ile enerji tüketimi arasında uzun vadeli bir ilişki olduğunu doğrulamaktadır. Granger nedensellik sonuçları, enerji tüketiminin sera gazı emisyonlarına neden olduğunu, ancak tersinin geçerli olmadığını göstermektedir. Önemli bir bulgu, enerji tüketiminin enerji kullanımı başına GSYİH'nin Granger nedeni olduğudur, bu da enerji öncülü büyüme hipotezini dünya genelinde doğrulamaktadır. Ancak, ters ilişkinin geçerli olmadığı görülmektedir. Sonuçlar, enerji tüketimini azaltmaya yönelik bir politikanın sera gazı emisyonlarını azaltma eğiliminde olduğunu, ancak ülkelerin GSYİH'ni olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Yaşar (2017), 1970-2015 döneminde 119 ülke için enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemekte olup, bu ülkeleri Dünya Bankası gelir sıralamasına göre dört gruba ayırmaktadır. Çalışmada farklı gelir gruplarındaki ülkeler arasındaki nedensel ilişkinin farklı olup olmadığını analiz edilmektedir. Bu bağlamda, panel ARDL yaklaşımı ve Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkinin, ülkenin hangi gelir grubuna ait olduğuna bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Uzun vadede üst orta gelir grubu ve yüksek gelir grubu için geri besleme hipotezinin desteklendiğini, kısa vadede üst orta gelir grubu ve uzun vadede alt orta gelir grubu için koruma hipotezinin desteklendiği tespit edilmiştir. Düşük ve alt orta gelir grupları için kısa vadede tarafsızlık hipotezinin desteklendiği görülmüştür.

Sarwar, Ali ve Hussain (2021) küresel ısınma ve iklim değişikliğinden yoğun şekilde etkilenen Güney Asya ülkeleri için emisyon davranışını konjonktürel dalgalanmalar boyunca analiz etmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada önemli emisyonlar olarak CO₂, CH₄, NO ve GHG'leri kullanılmış ve bunların GSYİH ile tarım, imalat ve hizmet sektörleri gibi ekonominin ana sektörlerinden elde edilen çıktı ile olan ilişkileri konjonktürel dalgalanmalar bağlamında analiz edilmiştir. Kullanılan zaman serilerinden devresel dalgalanmaları çıkarmak için HP-filtresi kullanılmış ve çıktı ile emisyonların devresel dalgalanmalar arasındaki korelasyon incelenmiştir. CO₂ emisyonlarının GSYİH'daki devresel dalgalanmalara duyarlı olduğu ve çoğu ülke için volatilitesinin yüksek olduğu bulunmuştur. Emisyonlar ile hizmetler ve tarım sektöründen elde edilen çıktı arasındaki ilişkiler Hindistan ve Bangladeş'te önemliken, Maldivler ve Nepal'de önemli olmadığı tespit edilmiştir. Bu farklılıkların, GSYİH'deki sektörel paylardaki farklılıklardan ve ekonomiler arasındaki gelişme aşamalarındaki farklılıklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Burke, Shahiduzzaman ve Stern (2015) 1961-2010 dönemi boyunca ekonomik büyümenin 189 ülkenin fosil yakıtların yanması ve çimento üretimi yoluyla karbon dioksit emisyonları üzerindeki kısa vadeli etkilerini incelemektedir. Çalışmada ekonomik genişleme dönemlerinde emisyon-gelir elastikiyetinin, durgunluk dönemlerine kıyasla daha büyük olduğuna dair güçlü bir kanıt olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ekonomik büyümenin emisyonları sadece aynı yılda değil, aynı zamanda sonraki yıllarda da arttırma eğiliminde olduğunu tespit edilmiştir. Dış şokların emisyonlar üzerinde göreceli büyük bir etkisi olduğu ve kısa vadeli emisyon-gelir elastikiyetinin gelirler arttıkça azalmadığı görülmüştür. Ekonomik büyüme ve emisyonlar arasındaki ilişkinin, fosil yakıt zengini ülkelerde daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Klarl (2020), 1973-2015 yılları arasında ABD'de konjonktürel dalgalanmalara CO₂ emisyonlarının tepkisini incelemiştir. Bir hareketli pencere en küçük kareler regresyon (rolling regresyon) yaklaşımı kullanarak, emisyonların GSYİH'ye olan elastikiyetinin zaman içinde sabit olmadığını tespit edilmiştir. Bu durumun zaman serilerinin devresel bileşenlerinin ayrıştırıldığı Hodrick-Prescott, Baxter-King, Christiano-Fitzgerald veya Butterworth filtresi gibi farklı filtreleme yöntemlerinin kullanımına bakılmaksızın geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Emisyonların normal ve resesyon dönemlerinde farklı tepki verip vermediğinin kontrol edilmesi için çalışmada Markov geçiş yaklaşımı kullanılmıştır. Buna göre ilk olarak, emisyonların normal zamanlara göre resesyon dönemlerinde önemli ölçüde daha elastik olduğunu bulunmuştur. İkinci olarak, filtreleme yöntemine bağlı

olarak, resesyon dönemlerinde emisyon elastikiyeti üzerine tahminlerde bir birimden yukarı ve normal dönemlerde bir birimden aşağı sonuçlar elde edilmiştir.

Azami ve Angazbani (2020), Çin, Hindistan, Japonya, İran, Suudi Arabistan ve Güney Kore gibi Asya ve Orta Doğu'daki altı büyük CO₂ emisyonu üreten ülkenin konjonktürel dalgalarına CO₂ tepkisini incelemiştir. Markov geçişli otoregresif modeller kullanılarak, emisyonların tipik bir ülkede (İran hariç) GSYİH'den daha fazla devresel oynaklığa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Japonya ve Güney Kore'de, konjonktürün genişleme evresinde CO₂ emisyonlarının GSYİH'ye olan elastikiyetinin, resesyondan daha belirgin bir şekilde büyük olduğu tespit edilmiştir. İran ve Suudi Arabistan'da ise CO₂ emisyonlarının GSYİH'ye olan elastikiyeti 1'den önemli ölçüde küçük olduğu, ancak CO₂ emisyonlarının GSYİH'ye olan tepkisinin resesyon dönemlerinde genişleme dönemlerine göre önemli ölçüde büyük olduğu bulunmuştur. Çin'de ise CO₂ emisyonlarının GSYİH'ye olan elastikiyeti resesyon dönemlerinde ve normal dönemlerde 1'den önemli ölçüde büyük olduğu, ve CO₂ emisyonlarının GSYİH'ye olan tepkisinin resesyon dönemlerinde genişleme dönemlerine göre önemli ölçüde büyük olduğu tespit edilmiştir.

3. Veri Seti, Yöntem, ve Ampirik Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde kullanılan verilere ilişkin bilgiler verildikten sonra zaman serilerinin bileşenlerine ayrıştırılması için kullanılan Hodrick-Prescott filtresi açıklanmaktadır. Ardından birim kök testi, korelasyon ve nedensellik bulguları değerlendirilmektedir.

3.1. Veri Seti

Çalışmada 1990-2020 döneminde dünya bankası sınıflandırmasına göre yüksek gelir, üst orta gelir, orta gelir, alt orta gelir, düşük gelir ve tüm dünya için GSYİH ve CO₂ emisyonları için yıllık zaman serileri kullanılmaktadır.

Tablo 3.1. Kullanılan Zaman Serilerine İlişkin Bilgiler

KULLANILAN ZAMAN SERİLERİ	
GSYİHYG	Yüksek Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası
GSYİHDG	Düşük Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası
GSYİHOG	Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası
GSYİHAOG	Alt Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası
GSYİHÜOG	Üst Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası
GSYİHD	Dünya Gayrisafi Yurtiçi Hasılası
CO2YG	Yüksek Gelir Grubu CO2 Emisyonları
CO2DG	Düşük Gelir Grubu CO2 Emisyonları
CO2OG	Orta Gelir Grubu CO2 Emisyonları
CO2AOG	Alt Orta Gelir Grubu CO2 Emisyonları
CO2ÜOG	Üst Orta Gelir Grubu CO2 Emisyonları
CO2D	Dünya CO2 Emisyonları
KULLANILAN ZAMAN SERİLERİNİN DEVRESEL BİLEŞENLERİ	
GSYİHYGDVR	Yüksek Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşen
GSYİHDGDVR	Düşük Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşen
GSYİHOGDVR	Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşen
GSYİHAOGDVR	Alt Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşen
GSYİHÜOGDVR	Üst Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşen
GSYİHDDVR	Dünya Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşen
CO2YGDVR	Yüksek Gelir Grubu CO2 Emisyonları Devresel Bileşen
CO2DGDVR	Düşük Gelir Grubu CO2 Emisyonları Devresel Bileşen
CO2OGDVR	Orta Gelir Grubu CO2 Emisyonları Devresel Bileşen
CO2AOGDVR	Alt Orta Gelir Grubu CO2 Emisyonları Devresel Bileşen
CO2ÜOGDVR	Üst Orta Gelir Grubu CO2 Emisyonları Devresel Bileşen
CO2DDVR	Dünya CO2 Emisyonları Devresel Bileşen
KULLANILAN ZAMAN SERİLERİNİN TREND BİLEŞENLERİ	
GSYİHYGTREND	Yüksek Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Trend Bileşeni
GSYİHDGTREND	Düşük Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Trend Bileşeni
GSYİHOGTREND	Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Trend Bileşeni
GSYİHAOGTREND	Alt Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Trend Bileşeni
GSYİHÜOGTREND	Üst Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Trend Bileşeni
GSYİHDTREND	Dünya Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Trend Bileşeni
CO2YGTREND	Yüksek Gelir Grubu CO2 Emisyonları Trend Bileşeni
CO2DGTREND	Düşük Gelir Grubu CO2 Emisyonları Trend Bileşeni
CO2OGTREND	Orta Gelir Grubu CO2 Emisyonları Trend Bileşeni
CO2AOGTREND	Alt Orta Gelir Grubu CO2 Emisyonları Trend Bileşeni
CO2ÜOGTREND	Üst Orta Gelir Grubu CO2 Emisyonları Trend Bileşeni
CO2DTREND	Dünya CO2 Emisyonları Trend Bileşeni
KULLANILAN ZAMAN SERİLERİNE İLİŞKİN KAYNAK VE TANIMLAYICI BİLGİLER	
GSYİH	Sabit fiyatlarla (2015 baz yılı) Gayrisafi Yurtiçi Hasıla ABD Doları Kaynak: Dünya Bankası,
CO2	Karbondioksit Emisyonları (kt), Kaynak: Dünya Bankası

GSYİH ve CO₂ emisyonları zaman serileri Hodrick-Prescott filtresi ile trend ve devresel bileşenlerine ayrıştırılmıştır. Zaman serilerinin orijinal gözlem, trend ve devresel bileşenlerine ilişkin açıklamalar ile verilerin elde edildiği veri tabanlarına ilişkin bilgiler tablo 3.1'de gösterilmektedir.

3.2. HP Filtresi ve Zaman Serilerinin Bileşenlerine Ayrılması

Hodrick-Prescott (HP) filtresi, bir zaman serisini iki bileşene ayırmak için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu bileşenler trend bileşeni ve devresel bileşendir. İktisadi araştırmalarda konjonktürel dalgalanmaları analiz etmek ve iktisadi zaman serisi verilerindeki temel eğilimleri belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hodrick-Prescott (1997)'e göre verilen bir zaman serisi Y_t , bir trend bileşeni g_t ve bir devresel bileşen c_t 'nin toplamıdır.

$$Y_t = g_t + c_t$$

Hodrick-Prescott filtresi aşağıdaki amaç fonksiyonunu minimize etmeye dayalı olarak çalışır. Amaç fonksiyonu, bir düzeltme parametresi (λ) içerir ve verilere yakın uyum sağlama ile düzgün trend arasındaki dengeyi belirler (Hodrick ve Prescott, 1997).

$$\text{Min}_{\{g_t\}_{t=1}^T} \left\{ \sum_{t=1}^T c_t^2 + \lambda \sum_{t=1}^T [(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \right\}$$

Hodrick-Prescott filtresi, zaman serilerindeki trendleri ve devresel bileşenleri analiz etmek ve yorumlamak için kullanışlı bir araçtır.

3.3. Birim Kök Testi Sonuçları

Çalışmada Hodrick-Prescott filtresi ile farklı gelir grupları ve dünya için CO₂ ve GSYİH zaman serilerinin devresel bileşenleri elde edildikten sonra serilerin birim kök içerip içermediği genişletilmiş Dickey Fuller (Augmented Dickey Fuller) testi ile araştırılmıştır. Birim kök testi sonuçları tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Birim Kök Testi Sonuçları

DÜZEY	CO ₂ YGDVR	CO- 2DGDVR	CO ₂ A- OGDVR	CO- 2OGDVR	CO ₂ ÜOGDVR	CO ₂ DDDVR	GSYİH- YGDVR	GSYİH- DGDVR	GSYİHA- OGDVR	GS- YİHOGDVR	GSYİ- HÜOGDVR	GS- YİHDDVR
t istatistiği	-3.74	-2.34	-2.01	-3.38	-3.37	-3.70	-3.11	-3.23	4.11	-3.02	-2.96	-4.20
olasılık d.	0.008	0.168	0.280	0.023	0.023	0.010	0.036	0.030	0.004	0.044	0.050	0.003
FARK	D(- CO ₂ YGDVR)	D(CO- 2DGDVR)	D(CO ₂ A- OGDVR)	D(CO- 2OGDVR)	D(- CO ₂ ÜOGDVR)	D(- CO ₂ DDDVR)	D(GS- YİH- YGDVR)	D(GS- YİH- DGDVR)	D(GS- YİHA- OGDVR)	D(GS- YİHOGDVR)	D(GSYİ- HÜOGDVR)	D(GS- YİHDDVR)
t istatistiği	-4.81	-5.27	-4.66	-4.58	-4.24	-4.75	-3.51	-3.29	-2.93	-3.50	-3.97	-3.33
olasılık d.	0.001	0.000	0.001	0.001	0.003	0.001	0.015	0.027	0.055	0.016	0.005	0.022

Düşük gelirli ve alt orta gelirli ülkelerin CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmaları gösteren CO₂DGDVR ve CO₂AOGDVR zaman serilerinin birinci farklarında durağan diğer zaman serilerindeki dalgalanmaları gösteren devresel bileşenlerin ise düzeyde durağan oldukları tespit edilmiştir.

3.4. Korelasyon ve Granger Nedensellik Analizi Bulguları

Bu kısımda öncelikle 1990-2020 dönemine ilişkin GSYİH ve CO₂ emisyonları zaman serilerinin dünyada ve farklı gelir gruplarına göre düzey değerleri, trend ve devresel bileşenleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Tablo 3.3'te yer alan ikinci sütunda GSYİH düzey değerleri ile CO₂ emisyonları düzey değerleri arasında en yüksek pozitif korelasyon 0,996 ile alt orta gelir grubu ülkelerde gerçekleşirken, 0,985 pozitif korelasyonla orta gelir grubu ikinci sırada, 0,979 pozitif korelasyonla üst orta gelir grubu üçüncü sırada, 0,426 pozitif korelasyonla düşük gelir grubu dördüncü sırada, 0,249 pozitif korelasyonla yüksek gelir grubu son sırada yer almaktadır. Dünya'da GSYİH düzey değerleri ile CO₂ emisyonları düzey değerleri arasındaki pozitif korelasyon ise 0,981 değerini almaktadır. Emisyonlar ile GSYİH arasındaki yüksek ve düşük gelir grubu ülkelerdeki korelasyonun zayıf olması beklenen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Düşük gelir grubu karbon yoğunluğu yüksek olmayan sektörlerde üretim yapmakta ve sanayileşme oranları düşük ülkelerden oluşmaktadır. Yüksek gelir grubunda ise üretim sürecinde büyük ölçüde düşük karbon ekonomisine geçişle ilgili teknolojileri hayata geçirmiş ülkeler yer almaktadır.

Tablo 3.3. Dünya'da ve Farklı Gelir Gruplarında GSYİH ve CO₂ Emisyonları Serilerinin Bileşenleri Arasındaki Korelasyonlar (1990-2020)

GELİR GRUBU	GSYİH - CO ₂ KORELASYON	GSYİH-CO ₂ DEVRESEL BİLEŞENLER ARASINDA KORELASYON	GSYİH-CO ₂ TREND BİLEŞENLERİ ARASINDA KORELASYON
YÜKSEK GELİR GRUBU	0,249	0,845	0,243
ÜST ORTA GELİR GRUBU	0,979	0,568	0,998
ORTA GELİR GRUBU	0,985	0,622	0,992
ALT ORTA GELİR GRUBU	0,996	0,835	0,999
DÜŞÜK GELİR GRUBU	0,426	0,618	0,672
DÜNYA	0,981	0,695	0,990

GSYİH devresel bileşeni ile CO2 emisyonları devresel bileşeni arasındaki korelasyonlar, diğer bir ifadeyle GSYİH'daki dalgalanmalarla CO2 emisyonlarındaki dalgalanmalar arasındaki korelasyonlar tablo-3'te üçüncü sütunda yer almaktadır. Buna göre GSYİH'daki dalgalanmalarla CO2 emisyonlarındaki dalgalanmalar arasındaki korelasyonların hepsi pozitif değer almakta ve gelir grubuna göre en yüksekten en düşüğe doğru; 0,845 ile yüksek gelir grubu, 0,835 ile alt orta gelir grubu, 0,622 ile orta gelir grubu, 0,618 ile düşük gelir grubu, 0,568 ile üst orta gelir grubu şeklinde sıralanmaktadır. Dünya'da GSYİH'daki dalgalanmalarla CO2 emisyonlarındaki dalgalanmalar arasındaki korelasyon ise 0,695 değerini almaktadır.

GSYİH trend bileşeni ile CO2 emisyonları trend bileşeni arasındaki korelasyonlar tablo-3 dördüncü sütunda yer almaktadır. Buna göre GSYİH'nın trend bileşeni ile CO2 emisyonlarının trend bileşeni arasındaki korelasyonların hepsi pozitif değer almakta ve gelir grubuna göre en yüksekten en düşüğe doğru; 0,999 ile alt orta gelir grubu, 0,998 ile üst orta gelir grubu, 0,992 ile orta gelir grubu, 0,672 ile düşük gelir grubu, 0,243 ile yüksek gelir grubu şeklinde sıralanmaktadır. Dünya'da GSYİH trend bileşeni ile CO2 emisyonları trend bileşeni arasındaki korelasyon ise 0,990 değerini almaktadır.

Gelir gruplarına göre GSYİH'daki dalgalanmalarla CO2 emisyonları arasındaki dalgalanmalar arasındaki korelasyon analizinin ardından nedensellik ilişkisi Granger nedensellik analizi ile araştırılmıştır.

Granger 1969'a göre aşağıdaki denklemlerde X'in tahmininde X ve Y'nin gecikmeli değerleri kullanılmaktadır. Bu tahminlerde Y'nin gecikmeli değerleri X'in öngörü performansını arttırıyorsa Y, X'in nedenidir, X'in gecikmeli değerleri Y'nin öngörü performansını arttırıyorsa X, Y'nin nedenidir denilmektedir.

$$X_t = \sum_{j=1}^m a_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m b_j Y_{t-j} + \varepsilon_t$$

$$Y_t = \sum_{j=1}^m c_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^m d_j Y_{t-j} + \eta_t$$

b_j ve c_j katsayılarının sifira eşit olup olmadıkları sınanarak nedensellik analizi gerçekleştirilmiş olur. Burada F istatistiği F(m, n-k) tablo değeri ile karşılaştırılmaktadır.

$$F_{hes} = \frac{(SSR_{UR} - SSR_R) / m}{SSR_{UR} / (n - k)}$$

b_j 'ler sıfırdan farklı bulunurlarsa Y, X'in nedenidir, c_j 'ler sıfırdan farklı bulunurlarsa X, Y'nin nedenidir, b_j ve c_j 'ler sıfırdan farklı bulunurlarsa iki yönlü nedensellik ilişkisi olduğu yönünde karar verilmektedir.

Bu çalışmada da GSYİH'deki dalgalanmalar ile CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalar arasındaki Granger nedenselliği benzer şekilde analiz edilmiştir. Tablo 3.4'te nedensellik analizi bulgularına yer verilmiştir.

Tablo 3.4. Granger Nedensellik Analizi Sonuçları

Sıfır Hipotezi H_0	F ist.	Olasılık D.	Karar
Yüksek Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşeninden, Yüksek Gelir Grubu CO ₂ Emisyonları Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	2,74	0,109	H_0 : Kabul
Yüksek Gelir Grubu CO ₂ Emisyonları Devresel Bileşeninden, Yüksek Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	3,21	0,0843	H_0 : Ret
Üst Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşeninden, Üst Orta Gelir Grubu CO ₂ Emisyonları Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	2,23	0,106	H_0 : Kabul
Üst Orta Gelir Grubu CO ₂ Emisyonları Devresel Bileşeninden, Üst Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	3,41	0,031	H_0 : Ret
Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşeninden, Orta Gelir Grubu CO ₂ Emisyonları Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	2,18	0,113	H_0 : Kabul
Orta Gelir Grubu CO ₂ Emisyonları Devresel Bileşeninden, Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	4,73	0,008	H_0 : Ret
Alt Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşeninden, Alt Orta Gelir Grubu CO ₂ Emisyonları Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	2,47	0,084	H_0 : Ret
Alt Orta Gelir Grubu CO ₂ Emisyonları Devresel Bileşeninden, Alt Orta Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	2,71	0,064	H_0 : Ret
Düşük Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşeninden, Düşük Gelir Grubu CO ₂ Emisyonları Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	5,59	0,004	H_0 : Ret

Düşük Gelir Grubu CO2 Emisyonları Devresel Bileşeninden, Düşük Gelir Grubu Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	1,74	0,187	H_0 : Kabul
Dünya Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşeninden, Dünya CO2 Emisyonları Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	3,24	0,042	H_0 : Ret
Dünya CO2 Emisyonları Devresel Bileşeninden, Dünya Gayrisafi Yurtiçi Hasılası Devresel Bileşenine Doğru Nedensellik Yoktur	2,59	0,079	H_0 : Ret

Tablo 3.4'e göre Yüksek Gelir Grubunda CO2 emisyonundaki dalgalanmalardan GSYİH'daki dalgalanmalara tek yönlü nedensellik vardır. Benzer şekilde Üst Orta Gelir Grubu ve Orta Gelir Grubunda da CO2 emisyonundaki dalgalanmalardan GSYİH'daki dalgalanmalara tek yönlü nedensellik vardır. Alt orta gelir grubunda GSYİH'daki dalgalanmalarla CO2 emisyonlarındaki dalgalanmalar arasında çift yönlü nedensellik vardır. Düşük gelir grubunda ise GSYİH'daki dalgalanmalardan CO2'deki dalgalanmalara tek yönlü nedensellik vardır. Dünya'da ise GSYİH'daki dalgalanmalarla CO2 emisyonlarındaki dalgalanmalar arasında çift yönlü nedensellik olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

4. Sonuç

Birçok araştırmacıya göre CO2 emisyonları ile GSYİH birlikte hareket eden değişkenler olarak kabul görmektedir. Bu çalışmada CO2 emisyonları ile GSYİH değişkenlerine ait yıllık gözlemlerden oluşan zaman serileri arasındaki ilişki farklı gelir grupları ve dünya için serilerin devresel ve trend bileşenleri ayrıştırılarak incelenmiştir. Bu bağlamda zaman serileri Hodrick-Prescott filtresi ile trend ve devresel bileşenlerine ayrıştırılarak önce değişkenler arasındaki korelasyonlar ardından da devresel bileşenler arasındaki nedensellik ilişkileri analiz edilmiştir.

Elde edilen korelasyon bulguları GSYİH'daki dalgalanmalar ile CO2 emisyonlarındaki dalgalanmalar arasındaki korelasyonların pozitif değerlerle belirginleştiği yönündedir. Gelir gruplarına göre sıralandığında ise en yüksekten en düşüğe şu şekildedir: yüksek gelir grubu için 0,845, alt orta gelir grubu için 0,835, orta gelir grubu için 0,622, düşük gelir grubu için 0,618 ve üst orta gelir grubu için 0,568. Dünya genelinde GSYİH'daki dalgalanmalar ile CO2 emisyonlarındaki dalgalanmalar arasındaki korelasyon ise 0,695 olarak belirlenmiştir.

Nedensellik bulgularına göre yüksek gelir grubunda, CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalardan GSYİH'daki dalgalanmalara tek yönlü nedensellik gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, üst orta gelir grubu ve orta gelir grubunda da CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalardan GSYİH'daki dalgalanmalara tek yönlü nedensellik bulunmaktadır. Alt orta gelir grubunda ise GSYİH'daki dalgalanmalar ile CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalar arasında çift yönlü nedensellik gözlemlenmektedir. Düşük gelir grubunda ise GSYİH'daki dalgalanmalardan CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalara tek yönlü nedensellik gözlemlenmektedir. Dünya genelinde ise GSYİH'daki dalgalanmalar ile CO₂ emisyonlarındaki dalgalanmalar arasında çift yönlü nedensellik olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

- Azami, S., and Angazbani, F. (2020). CO2 response to business cycles: new evidence of the largest CO2-Emitting countries in Asia and the Middle East. *Journal of cleaner production*, 252, 119743.
- Burke, P. J., Shahiduzzaman, M., and Stern, D. I. (2015). Carbon dioxide emissions in the short run: The rate and sources of economic growth matter. *Global Environmental Change*, 33, 109-121.
- Doda, B. (2014). Evidence on business cycles and CO2 emissions. *Journal of Macroeconomics*, 40, 214-227.
- Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Hodrick, R. J., & Prescott, E. C. (1997). Postwar US business cycles: an empirical investigation. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 1-16.
- Khan, M. A., Khan, M. Z., Zaman, K., & Naz, L. (2014). Global estimates of energy consumption and greenhouse gas emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 336-344.
- Klarl, T. (2020). The response of CO2 emissions to the business cycle: New evidence for the US. *Energy Economics*, 85, 104560.
- Sarwar, M. N., Ali, S., and Hussain, H. (2021). Business cycle fluctuations and emissions: Evidence from South Asia. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126774.
- World Bank, World Development Indicators <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Yasar, N. (2017). The relationship between energy consumption and economic growth: Evidence from different income country groups. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(2), 86-97.