

## YÜKSEK VE DÜŞÜK FREKANS BANTLARINDA EKONOMİK BÜYÜME VE KARBONDİOKSİT EMİSYONU İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Sevda KUŞKAYA<sup>1</sup>

Gönderim tarihi: 11.07.2021 Kabul tarihi: 26.10.2021

### Öz

Bu çalışmada, Türkiye ekonomisine ait 1965-2018 dönemi yıllık verileri kullanılarak ekonomik büyüme ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu makalede, çevre ve ekonomik büyüme ilişkisini araştıran literatürde ki mevcut çalışmalardan farklı olarak, değişkenlerin zaman ve frekans boyutu eşanlı olarak analize dahil edilmiştir. Analiz yöntemi seçiminde, ekonomi ve finans alanlarında kullanılan durağan olmayan zaman seriler için en etkin frekans analizi tekniklerinden birisi olan Morlet dalgacık uyumu modeli tercih edilmiştir. Morlet dalgacık uyumu analizinde, öncelikle kişi başına karbondioksit emisyonu (KBCO<sub>2</sub>) ve kişi başına gayrisafi yurt içi hâsıla (KBGSYH) değişkenleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Daha sonra değişkenler arasındaki ilişkinin daha net ve güvenilir olarak yorumlanabilmesi için kontrol değişkeni olarak kişi başına birincil enerji tüketimi (KBBET) analize dahil edilmiştir. Analiz bulgularına göre, analiz dönemi boyunca değişkenler arasında çoğunlukla aynı yönlü pozitif ortak hareketlerin olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum değişkenin birinde meydana gelen artışın diğer değişkeninin artmasına neden olduğu anlamına gelmektedir. Bu bulgular, Türkiye'nin ekonomik büyüme faaliyetlerini gerçekleştirirken CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltıcı önlemler alması gerektiği şeklinde yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekonomik Büyüme, Karbondioksit Emisyonu, Morlet Dalgacık analizi, Türkiye

**JEL Sınıflaması:** C6, C22, O44.

## THE RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC GROWTH AND CARBON DIOXIDE EMISSIONS AT HIGH AND LOW-FREQUENCY BANDS: THE CASE OF TURKEY

### Abstract

In this paper, the relationship between economic growth and carbon dioxide emissions was investigated by using the annual data of the Turkish economy for the period 1965-2018. This work, unlike the existing papers in the literature investigating the relationship between environment and economic growth, analyzed the time and frequency dimensions of the variables simultaneously. As the analysis method, the Morlet wavelet coherence model, which is one of the most effective frequency analysis techniques for non-stationary time series used in economics and finance, was preferred. In the Morlet wavelet coherence analysis, firstly, the relationship between carbon dioxide emissions per capita (PCCO<sub>2</sub>) and per capita gross domestic product (PCGDP) variables was examined. Then per capita primary energy consumption (PCPEC) was included in the analysis as a control variable to interpret the relationship between variables more clearly and reliably. According to the analysis findings, it was observed that there were mostly positive common movements in the same direction between the variables during the analysis period. This means that an increase in one variable causes an increase in the other variable. These findings have been interpreted as the need for Turkey to take measures to reduce CO<sub>2</sub> emissions while carrying out its economic growth activities.

**Keywords:** Economic Growth, Carbon Dioxide Emission, Morlet wavelet analysis, Turkey

**JEL Classification:** C6, C22, O44.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi Erciyes Üniversitesi, Adalet Meslek Yüksekokulu, Hukuk Bölümü, skuskaya@erciyes.edu.tr  
ORCID: 0000-0003-4527-5713

## 1. Giriş

Ekonomik büyüme ile çevre arasındaki ilişki her zaman tartışmalı bir konu olmuştur (Brock ve Taylor, 2005). Özellikle 1960'ların sonlarına doğru gelişmiş ülkelerde, ekonomik büyümenin çevre üzerindeki etkisine ilişkin ciddi kaygılar ifade edilmesiyle başlamıştır (Beckerman, 1992). Çevre sorunlarıyla ön plana çıkan olumsuzlukların farklı sebepleri olmasına rağmen, başlıca nedeni olarak insan ve doğa ilişkisinin bozulması görülmektedir (Erdoğan, 2020). Özellikle, Sanayi Devrimi ile ortaya çıkan endüstrileşme süreci, ülkeler arasında rekabeti artırarak, ekonomik güç elde etme arzusunu beraberinde getirmiş, bu durum ise doğal kaynakların aşırı ve hızlı tükenmesiyle neticelenmiştir (Dölek, 2020). Çevresel bozulmaların başlıca sebepleri arasında petrol, doğal gaz, kömür vb. fosil enerji kaynaklarının kullanımı gelmektedir (Kuşkaya ve Bilgili, 2020). Bu enerji kaynakları yandıkları zaman atmosferdeki sera gazı yoğunluğunu değiştirmektedir. Atmosferdeki sera gazları içerisinde yoğunluğu en fazla olan gaz karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonudur (EEA, 2021). CO<sub>2</sub> emisyonu, fosil yakıtların yanı sıra katı atıkların, ağaçların ve diğer biyolojik malzemelerin yakılması ve bazı kimyasal reaksiyonlar (örneğin çimento üretimi) sonucu atmosfere salınmaktadır (EPA, 2020). Bu süreç hava kalitesini olumsuz etkilemekte ve sera etkisine (greenhouse effect) yol açmaktadır (Albayrak ve Gökçe, 2015). Sera etkisi, insan faaliyetlerinden kaynaklanan su buharı, karbondioksit, metan ve azot oksit gibi sera gazı emisyonlarının küresel ısınmaya neden olduğu ekolojik bir olaydır (IPCC, 2019). OECD (2012) tarafından hazırlanan 2050'ye kadar OECD Çevre Görünümü (OECD Environmental Outlook to 2050) raporunda yapılan tahminlere göre, gerekli önlemler alınmaz ise, CO<sub>2</sub> emisyonlarında meydana gelmesi beklenen %70 artış beklentisi sebebiyle sera gazı emisyonlarının 2050 yılına kadar %50 oranında artacağı öngörülmektedir. Bu nedenle ülkelerin ekonomik büyüme hedeflerini gerçekleştirirken, ekonomik faaliyetlerin, çevreye olan etkilerinin belirlenmesi önemli bir araştırma konusu olmuştur.

Bu araştırma, değişkenlerin zaman ve frekans boyutunu eşanlı olarak ele alması açısından literatürde bulunan diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Literatürdeki makaleler, parametre tahminlerinin zaman içinde değişmediği veya parametre tahminlerinde serinin en fazla iki veya üç potansiyel yapısal kırılmasını dikkate aldığı modellerin tahminlerini yapmaktadır. Bununla birlikte, bu çalışma öncü değişkenin zaman içinde değişebilecek tahmini modeldeki gecikmeli değişken üzerindeki etkisini, düşük frekans bandından-yüksek frekans bandına inceleyerek ilgili literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda çalışma beş bölüme ayrılmıştır. Giriş bölümünden sonra, literatür özetine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde analizde kullanılan veri seti ve yöntem açıklanmaktadır. Dördüncü bölüm analiz bulgularını içermektedir. Son bölümde ise sonuç kısmı yer almaktadır.

## 2. Literatür

Ekonomik büyüme faaliyetlerinin, çevre üzerindeki etkisini belirlemeye çalışan araştırmaların özellikle son yıllarda artış gösterdiği görülmektedir. Araştırmacılar genellikle çevre kirliliğinin göstergesi olarak CO<sub>2</sub> emisyonunu, ekonomik büyümenin göstergesi olarak ise KBGSYH verilerini ele almışlardır. Bu husus dikkate alınarak hazırlanan literatür taraması Tablo 1’de yer almaktadır.

**Tablo 1.** Literatür Özeti

Yazar(lar)	Ülke	Dönem	Yöntem	Değişkenler	Sonuç
Koop (1998)	44 ülke	1970-1990	Yapısal model	Sermaye, Emek, CO <sub>2</sub> emisyonu	Zengin ülkeler CO <sub>2</sub> emisyonunu azaltmada teknik açıdan ilerleme kaydederken, yoksul ülkelerin bu konuda başarı gösterememiştir.
Coondoo ve Dinda (2002)	88 ülke	1960-1990	Panel nedensellik	KBCO <sub>2</sub> emisyonu, KBGSMH	Kuzey Amerika, Doğu ve Batı Avrupa ülkelerinde CO <sub>2</sub> emisyonlarından EB’ye doğru tek yönlü, Orta ve Güney Amerika, Okyanusya ve Japonya grubu ülkelerde EB’den CO <sub>2</sub> emisyonlarına doğru tek yönlü, Asya ve Afrika ülkelerinde EB ve CO <sub>2</sub> emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi vardır.
Bengochea-Morancho vd. (2001)	10 AB’ye üye ülke	1981-1995	Panel veri analizi	CO <sub>2</sub> emisyonu, GSYH	Ortalama üstü gelirli ülkelerdeki emisyonlar, ortalama gelirli ülkelerdeki emisyonlardan daha yüksektir.
Kotil vd. (2009)	Türkiye ve AB	1968-2003	Grey Modeli	CO <sub>2</sub> emisyonu, GSYH	Türkiye’de gelirdeki artış, emisyonu artırırken, AB’de gelirdeki artış, emisyonu azaltmaktadır.
Soytaş ve Sarı (2009)	Türkiye	1960-2000	VAR model, Granger nedensellik	KBGSYH CO <sub>2</sub> emisyonu, ET, Emek, Sabit sermaye yatırımı	CO <sub>2</sub> emisyonları ve EB arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamıştır.
Arı ve Zeren (2011)	17 Akdeniz ülkesi	2000-2005	Panel regresyon	KBMG, CO <sub>2</sub> emisyonu	EB, CO <sub>2</sub> emisyonunu artırmaktadır.
Tiwari (2011)	Hindistan		VAR	GSYH, CO <sub>2</sub> emisyonu, KB Elektrik tüketimi,	Yenilenebilir enerji kaynağı tüketimine yönelik pozitif bir şok GSYH’yi artırırken, CO <sub>2</sub> emisyonlarını azaltmaktadır.
Farhani ve Rejeb (2012)	15 MENA ülkesi	1973-2008	Panel Veri	KBCO <sub>2</sub> emisyonu, KBGSMH, KBET	EB’den, CO <sub>2</sub> emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır.
Vidyarthi (2013)	Hindistan	1971-2009	Granger nedensellik	GSYH, CO <sub>2</sub> emisyonu, Birincil enerji tüketimi	Uzun dönemde CO <sub>2</sub> emisyonlarından EB’ye ve enerji tüketimine doğru tek yönlü ilişki vardır.

**Tablo 1.** Literatür Özeti (Devam)

Yazar(lar)	Ülke	Dönem	Yöntem	Değişkenler	Sonuç
Çetintaş ve Sarıkaya (2015)	İngiltere ve ABD	1960-2004	Panel veri analizi	CO <sub>2</sub> emisyonu, GSMH, Nükleer enerji üretimi, Dış ticaret, Şehirleşme	İngiltere’de EB hem kısa hem de uzun dönemde CO <sub>2</sub> emisyonları üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir. ABD’de ise EB’nin, CO <sub>2</sub> emisyonları üzerinde bir etkisi bulunmamaktadır.
Ergün ve Atalay Polat (2015)	30 OECD ülkesi	1980-2010	DOLS, VECM	KBCO <sub>2</sub> emisyonu, KBGSMH, KB Elektrik tüketimi	Kısa dönemde GSYH ile CO <sub>2</sub> emisyonu arasında tek yönlü nedensellik vardır.
Kasperowicz (2015)	18 AB’ye üye ülke	1995-2012	ECM, panel birim kök testleri, panel Eşbütünleşme, ve GLS	KBGSYH CO <sub>2</sub> emisyonu, ET, sermaye, istihdam	GSYH ve CO <sub>2</sub> emisyonları arasındaki uzun vadeli negatif bir ilişki vardır.
Hepaktan ve Sertkaya (2016)	Türkiye	1980-2014	Granger nedensellik	CO <sub>2</sub> emisyonu, KBGSMH, KB Elektrik tüketimi, Petrol tüketimi	KBGSYH, CO <sub>2</sub> emisyonu ve petrol tüketiminden kişi başına elektrik tüketimi değişkenleri arasında uzun dönemde çift yönlü bir ilişki vardır.
Cherni ve Jouini (2017)	Tunus	1990-2015	ARDL	KBCO <sub>2</sub> emisyonu, GSMH, YET	Hem GSYH ve CO <sub>2</sub> emisyonları arasında hem de yenilenebilir enerji tüketimi ve GSYH arasında çift yönlü ilişki vardır.
Akbulut Bekar (2018)	Türkiye	1977-2014	Toda-Yamamoto, Dolado-Lütkepohl VAR nedensellik	CO <sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH	CO <sub>2</sub> emisyonlarından EB’ye doğru tek yönlü ve pozitif bir nedensellik vardır.
Mikayilov vd. (2018)	Azerbaycan	1992-2013	Johansen, ARDL, DOLS, FMOLS ve CCR	KBCO <sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH	EB’nin uzun vadede emisyonlar üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir.
Özçağ (2019)	Kırılğan beşli ülkeleri	1970-2016	Bootsrap panel Granger nedensellik	KBCO <sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH	Brezilya ve Endonezya’da KBGSYH’dan KBCO <sub>2</sub> emisyonuna doğru, Güney Afrika ve Türkiye’de KBCO <sub>2</sub> emisyonundan, KBGSYH doğru tek yönlü nedensellik vardır. Hindistan’da ise değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir.

**Tablo 1.** Literatür Özeti (Devam)

Yazar(lar)	Ülke	Dönem	Yöntem	Değişkenler	Sonuç
Yıldız (2019)	E7 ülkeleri	1992-2014	Granger-nedensellik analizi	KBCO <sub>2</sub> emisyonu, KBET, KBGSYH, Kentleşme	Kentleşmeden, CO <sub>2</sub> emisyonuna, ET'den kentleşmeye ve EB'den kentleşmeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır.
Mohamed (2020)	Umman	1980-2018	ARDL, Johansen eşbütünleşme, Granger-nedensellik analizi	KBCO <sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH, ET	CO <sub>2</sub> emisyonu, EB ve ET'den pozitif yönde etkilenmektedir.
Tong vd. (2020)	E7 ülkeleri		ARDL	KBCO <sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH, KB Birincil enerji tüketimi	Çin Halk Cumhuriyeti, Endonezya, Meksika ve Türkiye için EB, ET ve CO <sub>2</sub> emisyonları arasında eşbütünleşme yoktur.

**Not:**ARDL: Autoregressive Distributed Lag Bound Test; CCR: Canonical Cointegration Regression; DOLS: Dynamic OLS; EB: Ekonomik büyüme; ET: Enerji Tüketimi; FMOLS: Fully Modified Ordinary Least Squares; GLS: Generalized Least Squares; KBMG: Kişi başına milli gelir; MS-VAR: Markov-switching vector autoregressive; VAR: Vector autoregressive; VECM: Vektör Error Correction Model, YET: Yenilenebilir enerji tüketimi.

Tablo 1'e göre bazı çalışmalar ekonomik büyüme, çevre, enerji kullanımı ilişkisini ülke bazında araştırırken (Soytaş ve Sarı, 2009; Tiwari, 2011; Vidyarthi, 2013; Hepaktan ve Sertkaya, 2016; Cherni ve Jouini, 2017; Akbulut Bekar, 2018; Mikayilov vd., 2018; Mohamed, 2020) diğerleri ülke gruplarını (Koop, 1998; Coondoo ve Dinda, 2002; Bengochea-Morancho vd., 2001; Kotil vd., 2009; Arı ve Zeren, 2011; Farhani ve Rejeb, 2012; Çetintaş ve Sarıkaya, 2015; Ergün ve Atalay Polat, 2015; Kasperowicz, 2015; Özçağ, 2019; Yıldız, 2019; Tong vd., 2020) dikkate almışlardır.

Genel olarak ülke gruplarının dikkate alındığı çalışmalarda, EB ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; AB'ye üye farklı ülkeler için yapılan çalışmalarda; Kotil vd. (2009) ve Kasperowicz (2015) gelir ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasında negatif bir ilişki olduğunu sonucuna varırken, Bengochea-Morancho vd. (2001) gelir ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında pozitif bir ilişki tespit etmişlerdir.

Diğer yandan ülke bazında ki çalışmalarda aynı ülke için farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin Türkiye için yapılan araştırmalarda, Kotil vd. (2009) gelir ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasında pozitif bir ilişki bulurken, Akbulut Bekar (2018) ve Özçağ (2019) CO<sub>2</sub> emisyonlarından EB'ye doğru tek yönlü nedensellik tespit etmişlerdir. Bu çalışmalardan farklı olarak, Soytaş ve Sarı (2009) EB ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını belirlemişlerdir.

Tablo 1’de yer alan araştırmalarda, yöntem olarak sıklıklar eşbütünleşme (ARDL, Johansen vb.) ve nedensellik (Granger, Toda-Yamamoto vb.) analizleri tercih edildiği görülmektedir. Eşbütünleşme yöntemini tercih eden çalışmaların (Cherni ve Jouini, 2017; Mikayilov vd., 2018; Mohamed, 2020; Tong vd., 2020) sonuçları ülke ve ülke gruplarına göre farklılık gösterirken benzer şekilde nedensellik analizi yapılan çalışmalarda da (Soytaş ve Sarı, 2009; Vidyarthi, 2013; Hepaktan ve Sertkaya, 2016; Akbulut Bekar, 2018; Özçağ, 2019; Mohamed, 2020) nedenselliğin varlığı ve yönü noktasında ülke ve ülke gruplarına göre farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra literatürde Türkiye ekonomisi için değişkenlerin zaman ve frekans boyutunu eşanlı olarak analiz eden dalgacık yöntemini kullanan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada dalgacık yöntemi ile Türkiye’de çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasında ilişkinin analiz edilmesi literatüre katkı sağlayacaktır.

### **3. Veri ve Yöntem**

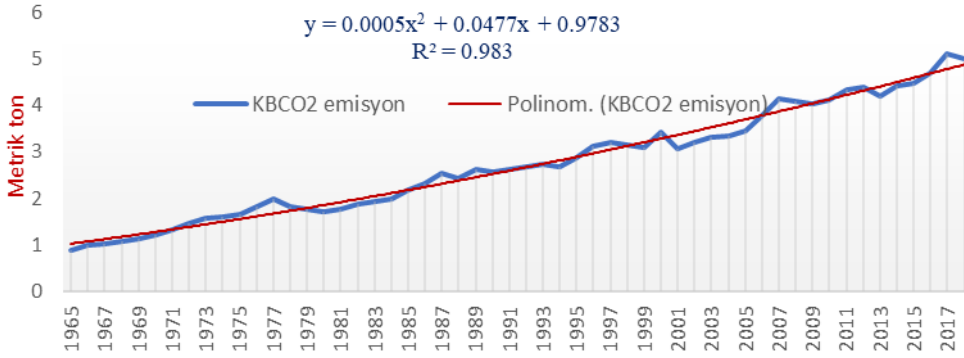
Türkiye ekonomisinde 1965-2018 dönemi için EB ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkinin araştırıldığı makalede, değişken olarak kişi başına karbondioksit emisyonu (KBCO<sub>2</sub>), kişi başına gayrisafi yurt içi hâsıla (KBGSYH) ve kişi başına birincil enerji tüketimi (KBBET) kullanılmıştır. Değişkenlerin analiz dönemleri içerisinde ki değişimlerini gösteren trend grafikleri Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3’te yer almaktadır.

Şekil 1’e göre KBCO<sub>2</sub> emisyonu 1965 yılında 0,884 metrik ton iken, 2018 yılında yaklaşık 5.6 kat artarak 5.015 metrik tona ulaşmıştır. KBCO<sub>2</sub> emisyonunda özellikle 2001 yılında bir önceki yıla göre 0.344 metrik ton azalma meydana gelmiştir.

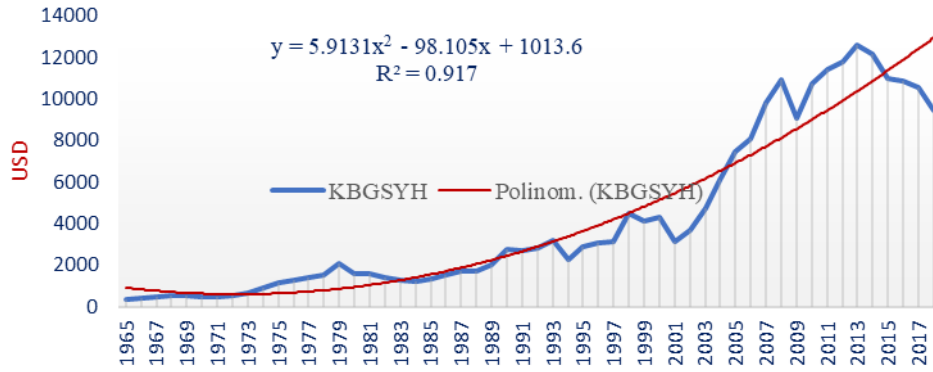
Şekil 2’de yer aldığı üzere KBGSYH 1965 yılında 386.358 \$ iken 2018 yılında yaklaşık 24.4 kat artarak 9455.594 \$ olmuştur. Şekle göre KBGSYH’da dönem boyunca dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Özellikle, 1983 (1310.256 \$), 1984 (1246.825 \$), 1994 (2270.338 \$), 1999 (4116.17 \$), 2001 (3142.955 \$) ve 2009 (9103.71 \$) yıllarında düşüşler yaşanmıştır. Benzer şekilde 2015-2018 döneminde de KBGSYH’da azalma trendi devam etmiştir.

Şekil 3’e göre KBBET ve KBCO<sub>2</sub> emisyonunun artış seyirlerinde paralellik olduğu görülmektedir. KBBET, 1965 yılında 10.6 gigajoule iken 2018 yılında yaklaşık 7.2 kat artarak 76.4 gigajoule yükselmiştir. Özellikle, KBBET 2001 yılında bir önceki yıla göre 4.8 gigajoule azalarak 3.081 gigajoule olduğu görülmektedir.

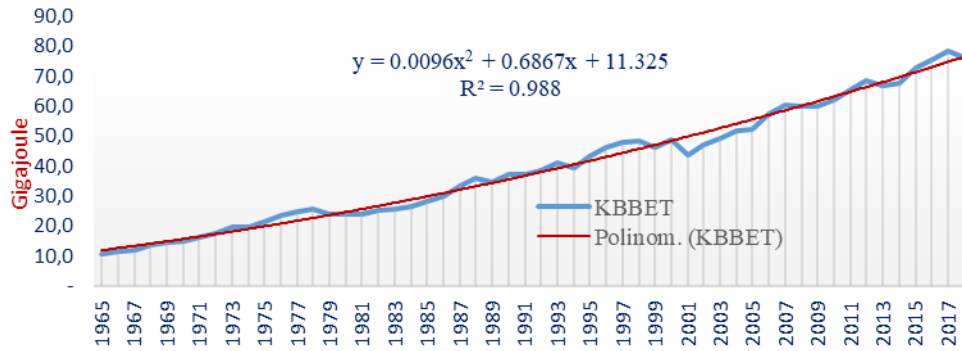
Şekil 1: Kişi Başına Karbon Dioksit Emisyonu (1965-2018)



Şekil 2: Kişi Başına Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (1965-2018)



Şekil 3: Kişi Başına Birincil Enerji Tüketimi (1965-2018)



Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te değişkenlere ait trend denklemleri ve  $R^2$  değerleri yer almaktadır.  $KBCO_2$  emisyonu,  $KBGSYH$  ve  $KBBET$  değişkenlerine ait  $R^2$  değerleri sırasıyla; 0.983, 0.917 ve 0.988'tir. Değişkenlerin yüksek frekansa ve yüksek  $R^2$  değerlerine sahip olmaları frekans analizlerinden birisi olan Morlet dalgacık analizinin uygulanabileceği anlamına gelmektedir.

Ekonomi ve finans alanlarında genellikle kullanılan durağan olmayan zaman serileri için en etkin frekans analizi yöntemlerin başında dalgacık dönüşümü gelmektedir. Dalgacık dönüşümü, frekans içeriklerinin analiz edilmesine imkân tanımak için, frekansı çeşitli frekans bantlarına ve zaman dilimlerine ayıran bir tekniktir (Zhao, Jiang, Diao ve Qian, 2004). Dalgacık fonksiyonu  $\delta_{(b,a)}(t)$  Denklem 1'deki gibi formüle edilebilmektedir:

$$\delta_{(b,a)}(t) = \frac{1}{\sqrt{|b|}} \delta\left(\frac{t-a}{b}\right) \quad b \in \mathbb{R} \text{ ve } a \in \mathbb{R}^+, \quad (1)$$

Denklem 1'de  $1/\sqrt{|b|}$  terimi dalgacığın birim varyansını belirleyen normalleşme faktörüdür. Parametre  $a$ , zaman alanında dalgacığın konumunu ve pozisyonunu kontrol eden dönüşüm ya da konum parametresidir. Eşitlikteki  $b$  terimi, dalgacığın pozisyonunu ve frekans alanındaki konumunu da gösteren parametredir. Sürekli dalgacık dönüşümü, dalgacık  $\delta_{(b,a)}(t)$  ile ilgili olarak,  $x(t) \in L^2(\mathbb{R})$ 'nin incelenen zaman serisine belirli bir dalgacık,  $\delta(\cdot)$ , olarak aşağıdaki gibi yazılabilmektedir:

$$W_x(b, a) = \int_{-\infty}^{\infty} \beta(t) \frac{1}{\sqrt{|b|}} \delta^*\left(\frac{t-a}{b}\right) dt \quad (2)$$

Burada  $W_x(b, a)$  sürekli dalgacık dönüşümünü göstermektedir. Denklemdeki yıldız işareti (\*), karmaşık eşlenmeyi (complex conjugation) temsil etmektedir.

Çalışmanın analizinde tercih edilen Morlet dalgacık dönüşümü faz ve genliği eşanlı olarak analiz etme imkânı veren hayali ve gerçek kısımlara sahip olan bir yöntemdir. Bu nedenle durağan olmayan zaman serilerinin kısa ve uzun dönemde incelenmesine olanak sağlar. Morlet dalgacık fonksiyonunu Denklem 3'deki gibi yazmak mümkündür:

$$\psi_{\varphi}(t) = \pi^{-1/4} \left( \exp^{i\varphi t} - \exp^{-\varphi^2/2} \right) \exp^{-t^2/2} \quad (3)$$

Denklem 3'te  $\varphi$  terimi, Morlet dalgacığının  $\psi_{\varphi}(t)$  merkezi frekans parametresini temsil etmektedir.  $\exp^{-\varphi^2/2}$  düzeltme parametresidir. İki zaman serisi için hem zaman hem de



frekans bantlarında seriler arasında ki güçlü ortak alanları gözlemleyebilmek için çapraz dalgacık dönüşümleri kullanılmaktadır. (Vacha ve Barunik, 2012).  $\{x\}$  ve  $\{y\}$ 'nin çapraz dalgacık gücü ilk olarak Hudgins, Friehe ve Mayer (1993) tarafından Denklem 4'teki gibi formüle edilmiştir:

$$W_{xy}(b, a) = W_x(b, a)\overline{W_y(b, a)} \quad (4)$$

Denklemden,  $W_x(b, a)$  ve  $W_y(b, a)$ ,  $W_{xy}(b, a)$  olarak  $\{X\}$  ve  $\{Y\}$ 'nin sürekli dalgacık dönüşümleridir.

$W_x(b, a)$  ve  $W_y(b, a)$  gibi iki zaman serisinin dalgacık uyumunu aşağıdaki gibi yazılabilmektedir (Aguilar-Conraria, Magalhães ve Soares, 2013):

$$R_{xy}(b, a) = \frac{|s(W_{xy}(b, a))|}{|s(W_{xx}(b, a))|^{1/2}|s(W_{yy}(b, a))|^{1/2}} \quad (5)$$

Denklem 5'te yer alan  $R_{xy}$  terimi, 0 (zayıf tutarlılık) ile 1 (güçlü tutarlılık) arasında değişen korelasyon parametresidir temsil etmektedir.  $s$  terimi düzeltme parametresidir.  $\{x\}$  ve  $\{y\}$  arasındaki faz farkı ilişkisi ( $\Lambda_{xy} \in [-\pi, \pi]$  ile) Denklem 6 yardımıyla aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir:

$$\Lambda_{xy}(b, a) = \tan^{-1}\left(\frac{H(W_{xy}(b, a))}{G(W_{xy}(b, a))}\right) \quad (6)$$

Denklem 6'da  $H(W_{xy})$  ve  $G(W_{xy})$  sırasıyla hayali ve gerçekteki bölümleri temsil etmektedirler. Serilerin faz farklarına göre öncül olma durumları Tablo 2'de yer almaktadır.

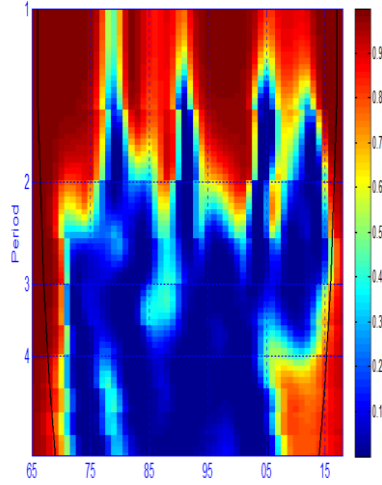
**Tablo 2:** Faz Farkı İlişkisi

Faz Farkı	Öncül olma Durumu
$\Lambda_{xy} \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$	$x(t) \rightarrow y(t)$ 'ye öncülük edecektir (faz)
$\Lambda_{xy} \in \left(0, -\frac{\pi}{2}\right)$	$y(t) \rightarrow x(t)$ 'ye öncülük edecektir (faz)
$\Lambda_{xy} \in \left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$	$y(t) \rightarrow x(t)$ 'ye öncülük edecektir (anti faz)
$\Lambda_{xy} \in \left(-\pi, -\frac{\pi}{2}\right)$	$x(t) \rightarrow y(t)$ 'ye öncülük edecektir (anti faz)
0	$y(t)$ ve $x(t)$ beraber hareket edecektir.

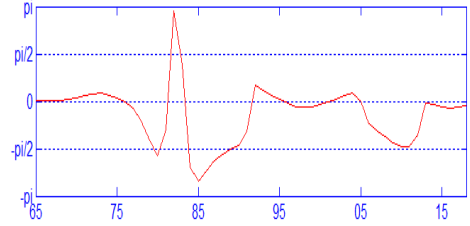
#### 4. Analiz Bulguları

Analizde Türkiye ekonomisinin, 1965-2018 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak ekonomik büyüme ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki korelasyon, Morlet dalgacık uyumu modeli yardımıyla araştırılmaktadır. KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki araştırılırken, Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6 yardımıyla KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki analiz edilmiş daha sonra Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'de analizin güvenilirliği için KBBET modele kontrol değişken olarak dahil edilerek yorumlanmıştır. Her iki analizde de dalgacık uyumu sonuçları sırasıyla, 1~2 ve 2~4 frekans bantlarında değerlendirilmiştir.

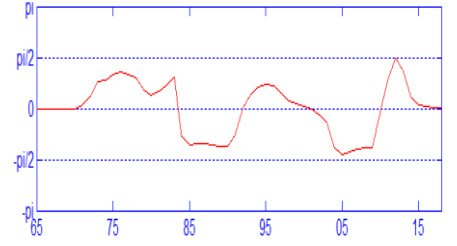
Şekil 4: Dalgacık Uyumu (KBGSYH-KBCO<sub>2</sub>)



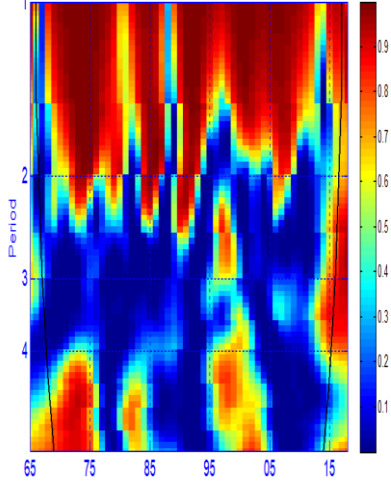
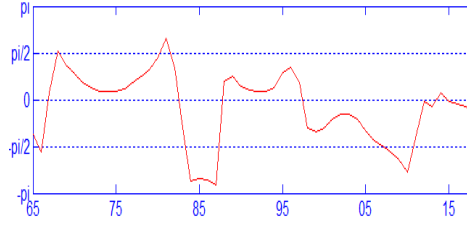
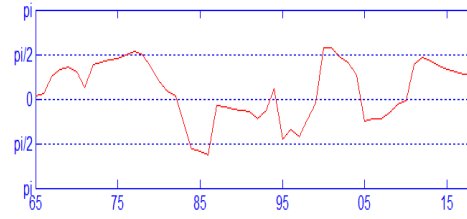
Şekil 5: 1~2 Frekans Bandı



Şekil 6: 2~4 Frekans Bandı



Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6, KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkinin Morlet dalgacık analizi sonuçlarıdır. Şekil 4'ün yanındaki renk çubuğu (color bar), değişkenler arasındaki korelasyonun gücünü, güçlü tutarlılıktan (kırmızı) zayıf tutarlılığa (mavi) doğru göstermektedir. Şekil 4'te yer alan siyah koni %5 anlamlılık seviyesini göstermektedir. Değişkenler arasındaki ilişkinin daha net ve güvenilir olarak yorumlanabilmesi için modele KBBET değişkeni, kontrol değişken olarak dahil edilerek analize devam edilmiştir.

**Şekil 7: Dalgacık Uyumu (KBGSYH - KBCO<sub>2</sub>//KBBET)****Şekil 8: 1~2 Frekans Bandı****Şekil 9: 2~4 Frekans Bandı**

Şekil 7'ye göre, Türkiye'de 1965-2018 dönemi için KBGSYH ile KBCO<sub>2</sub> emisyonu arasında hem kısa dönemlerde (yüksek frekansta) hem de uzun dönemde (düşük frekansta) güçlü ortak hareketler bulunmaktadır. Şekil 7'de yer alan siyah koni %5 anlamlılık seviyesini temsil etmektedir. Şekil 7'nin yanındaki renk çubuğu (color bar), değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü, güçlü tutarlılıktan (kırmızı) zayıf tutarlılığa (mavi) doğru göstermektedir. Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da, KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki ve ortak hareketler, kontrol değişken olan BET'nin de modele dahil edilmesiyle aynı anda gözlemlenerek incelenmiştir. Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9 eşanlı olarak değerlendirildiğinde:

1~2 frekans bandında;

- i. 1967-1980 döneminde, KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu dönemde KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmaktadır.
- ii. 1983 yılında KBCO<sub>2</sub> emisyonu ve KBGSYH birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu yılda KBCO<sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH neden olmaktadır.
- iii. 1984-1985 ve 2007-2010 dönemlerinde KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu negatif yönde hareket etmektedir. Bu dönemlerde KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonunda azalışa neden olmaktadır.

- iv. 1988-1997 döneminde KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu dönemde KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmaktadır.
- v. 1998-2006 döneminde KBCO<sub>2</sub> ve KBGSYH emisyonu birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu dönemde KBCO<sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH neden olmaktadır.
- vi. 2015-2018 döneminde KBCO<sub>2</sub> emisyonu ve KBGSYH birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu dönemde KBCO<sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH neden olmaktadır.

2~4 frekans bandında:

- i. 1969-1975 döneminde KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu dönemde KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmaktadır.
- ii. 1981-1982 döneminde KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu dönemde KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmaktadır.
- iii. 1996-1999 döneminde KBCO<sub>2</sub> emisyonu ve KBGSYH birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu dönemde KBCO<sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH neden olmaktadır.
- iv. 2000-2003 (2001 yılı hariç) döneminde KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu dönemde KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmaktadır.
- v. 2012-2016 döneminde KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu birlikte pozitif yönde ortak hareket etmektedir. Bu dönemde KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmaktadır.

## 5. Sonuç

Fosil kökenli yakıtların üretim faaliyetlerinde kullanılması başta CO<sub>2</sub> emisyonu olmak üzere, sera etkisine neden olan sera gazlarının atmosferdeki yoğunluklarının artmasına neden olmuştur. Sera etkisinin en yaygın negatif etkilerinin başında iklim değişikliği ve küresel ısınma gelmektedir. Küresel ısınma, önlem alınmadığı takdirde insan sağlığı ve çevresel bozulmalar başta olmak üzere birçok olumsuz etkisi olan ekolojik bir süreçtir. Dolayısıyla ülkeler ekonomik büyüme amaçlarını gerçekleştirirken, çevre faktörünü de dikkate almaları çevre ve insan sağlığı için elzem bir durumdur. Çünkü ekonomik büyüme, artan CO<sub>2</sub> emisyonlarıyla sonuçlanan yoğun bir enerji kullanımını zorunlu kılmaktadır, dolayısıyla kirlilik ekonomik büyüme ve kalkınma ile doğrudan ilişkilidir.

Bu nedenle bu çalışma ekonomik büyümenin çevre üzerindeki etkisini sanayileşme sürecinde olan Türkiye ekonomisi için araştırmıştır. Araştırmada verilere erişilebilirlik nedeniyle 1965-2018 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır. KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> arasındaki ilişki araştırılırken analizin güvenilirliği için KBBET modele kontrol değişken olarak dahil

edilmiştir. Analizde literatürden farklı olarak frekans analiz yöntemlerinden birisi olan Morlet dalgacık uyumu modeli kullanılmıştır. Dalgacık uyumu tekniği, özellikle ekonomi ve finans alanlarında kullanılan durağan olmayan zaman serilerinin analizine imkân veren en etkin frekans analiz yöntemlerinden birisidir. Dalgacık uyumu analizi, zaman serilerinin hem zaman hem de frekans alanında eşanlı olarak araştırılmasına imkân tanımaktadır. Bu sayede bağımlı ve bağımsız değişkenlerin hangi zaman diliminde hangisinin öncül hangisinin takip eden olduğu konusunda bilgi vermektedir. Çalışmada Morlet dalgacık uyumu sonuçları, sırasıyla 1~2 ve 2~4 frekans bantlarında yorumlanmıştır. Analiz bulgularına göre, değişkenlerin analiz dönemi boyunca genellikle pozitif ortak hareketlere (co-movement) sahip oldukları görülmektedir. Morlet dalgacık analizinden elde edilen sonuçları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

1~2 frekans bandında 1967-1980 ve 1988-1997 dönemlerinde KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu birlikte pozitif yönde ortak hareket etmiştir. Bu dönemlerde KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmuştur. Aynı frekans bandında, 1983; 1998-2006 ve 2015-2018 dönemlerinde KBCO<sub>2</sub> emisyonu ve KBGSYH birlikte pozitif yönde ortak hareket etmiştir. Bu dönemlerde KBCO<sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH neden olmuştur. Son olarak 1984-1985 ve 2007-2010 dönemlerinde KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu negatif yönde hareket etmiştir ve KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonunda azalışa neden olmuştur.

2~4 frekans bandında ise 1969-1975;1981-1982; 2000-2003 (2001 yılı hariç) ve 2012-2016 dönemlerinde KBGSYH ve KBCO<sub>2</sub> emisyonu birlikte pozitif yönde ortak hareket etmiştir. Söz konusu dönemlerde KBGSYH, KBCO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmuştur. Aynı frekans bandında, 1996-1999 dönemlerinde KBCO<sub>2</sub> emisyonu ve KBGSYH birlikte pozitif yönde ortak hareket etmiştir. Bu dönemlerde KBCO<sub>2</sub> emisyonu, KBGSYH' ya neden olmuştur. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde analiz bulguları; Kotil vd. (2009), Arı ve Zeren (2011), Çetintaş ve Sarıkaya (2015), Cherni ve Jouini (2017), Mikovilov vd. (2018) ve Mohamed (2020)'in sonuçları ile tutarlılık göstermektedir.

Ekonomik büyümeye zarar vermeden toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için, etkin bir çevre politikası, uygun altyapı yatırımının sağlanması ve gereksiz enerji kullanımını önlemek için enerji tasarrufu sağlayacak politikaların uygulanması önemli bir durumdur. Ayrıca, ülke genelinde enerji tasarrufu ile ilgili sosyal farkındalık programları, enerji tasarruflu cihazların kullanımının teşviki için uygun bir stratejinin belirlenmesi, CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılmasında etkili olacaktır. Küresel bazda ele alındığında, CO<sub>2</sub> emisyonunun çevresel etkisi sadece ülke ya da bölge ile sınırlanmayacak küresel bir kirletici olduğundan, CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak için küresel iş birliğine de ihtiyaç vardır.

## **Kaynakça**

- AGUIAR-CONRARIA, L., MAGALHÃES P.C. and SOARES, M.J.; (2013), “The Nationalization of Electoral Cycles in the United States: A Wavelet Analysis”, *Public Choice*, 156 (3-4), pp.387–408.
- AKBULUT BEKAR, S.; (2018), “The Relationship Between CO2 Emission And Economic Growth in Turkey: 1977-2014”, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Prof. Dr. Harun TERZİ Özel Sayısı, 193-206.
- ALBAYRAK, E.N. ve GÖKÇE, A.; (2015), “Ekonomik Büyüme ve Çevresel Kirlilik İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisi ve Türkiye Örneği”, *Social Sciences Research Journal*, 4 (2), ss.279-301.
- ARI, A. ve ZEREN, F.; (2011), “CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 18(2), ss.37-47.
- BECKERMAN, W.;(1992), “Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment?”, *World Development*, 20(4), ss.481-496.
- BENGOCHEA-MORANCHO, A., HIGÓN-TAMARIT, F. and MARTÍNEZ-ZARZOSO, I.; (2001), “Economic Growth and CO2 Emissions in the European Union”, *Environmental and Resource Economics*, 19, 165–172.
- BP (2020), *Statistical Review of World Energy*. Erişim adresi <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (Erişim Tarihi 01.05.2021)
- BROCK, W. and TAYLOR, M.S.; (2005), *Economic Growth and the Environment: A Review of Theory and Empirics*. Philippe Aghion ve Steven Durlauf (Eds.). *Handbook of Economic Growth* içinde (pp. 1749-1821). Amsterdam, Hollanda: Elsevier.
- CHERNI, A. and JOUINI, S.E.; (2017), “An ARDL Approach To The CO2 Emissions, Renewable Energy And Economic Growth Nexus: Tunisian Evidence”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(48), 29056-29066.
- COONDOO, D. and DINDA, S.; (2002). “Causality Between Income And Emission: A Country Group-Specific Econometric Analysis”, *Ecological Economic*, 40, 351-367.
- ÇETİNTAŞ, H. ve SARIKAYA, M.; (2015). “CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in The USA and the United Kingdom: ARDL Approach”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 16 (2), ss. 173-194.
- DÖLEK, M.; (2020), *Ekonomik Büyüme ve Çevre İlişkisi: Çevresel Kuznets Yaklaşımı* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- EEA (2021), Atmospheric Greenhouse Gas Concentrations. Erişim adresi <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-2/assessment-1> (Erişim Tarihi 23.05.2021)
- EPA (2020), Greenhouse Gas Emissions. Erişim adresi <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases> (Erişim Tarihi 25.05.2021)
- ERDOĞAN, S.; (2020), “Enerji, Çevre ve Sera Gazları”, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10(1), ss. 277-303.
- ERGÜN, S. ve ATAY POLAT, M.; (2015), “OECD Ülkelerinde CO2 Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi”, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (45), ss.115-141.
- FARHANI, S. and REJEB, J. B.; (2012), “Energy Consumption, Economic Growth And CO2 Emissions: Evidence From Panel Data For MENA Region”, International Journal of Energy Economics and Policy, 2(2), 71-81.
- HEPAKTAN, E. ve SERTKAYA, Y.; (2016), “Türkiye’de Elektrik Tüketimi, Kişi Başına GSYİH, CO2 Emisyonu ve Petrol Tüketimi İlişkisi”, Yalova Sosyal Bilimler Dergisi, 6 (12), ss.163-182.
- HUDGINS, L., FRIEHE CA. and MAYER ME. (1993), “Wavelet Transform and Atmospheric Turbulence”, Physical Review Letters, 71 (20), pp.3279-3282.
- IPCC (2019), IPCC Updates Methodology for Greenhouse Gas Inventories. Erişim adresi <https://www.ipcc.ch/2019/05/13/ipcc-2019-refinement/> (Erişim Tarihi 03.05.2021)
- KASPEROWICZ, R.; (2015), “Economic Growth And CO2 Emissions: The ECM Analysis”, Journal of International Studies, 8 (3), 91-98.
- KOOP, G; (1998), “Corbondioxide emissions and economic growth: A structural approach”, Journal of Applied Statistics, 25(4), 489-515.
- KOTİL, E., ERYİĞİT, M. ve KONUR, F.; (2009), “Türkiye ve Avrupa Birliği’nde CO<sub>2</sub> Emisyonu ve Gelir İlişkisi”, Ekonomik Yaklaşım, 20 (73), ss. 55-67.
- KUSKAYA, S. and BILGILI, F.; (2020), “The Wind Energy-Greenhouse Gas Nexus: The Wavelet-Partial Wavelet Coherence Model Approach”, Journal Of Cleaner Production, 245(3),pp.1-14.
- MIKAYILOV, J.I., GALEOTTI, M. and HASANOV, F.J.; (2018). “The Impact Of Economic Growth On CO2 Emissions in Azerbaijan”, Journal of Cleaner Production 197 (2018) 1558-1572.
- MOHAMED, S.E.; (2020), “Energy Consumption, CO2 Emissions and Economic Growth

- Nexus in Oman: Evidence From ARDL Approach to Cointegration and Causality Analysis”, *European Journal of Social Sciences*,60 (2), pp.67-78.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. (2012). *OECD environmental outlook to 2050: The consequences of inaction*. Paris: OECD. [https://read.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050\\_9789264122246-en#page1](https://read.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050_9789264122246-en#page1)
- ÖZÇAĞ, M.; (2019), “Kırılgan Beşli Ülkelerinde CO2 Emisyonu ve GSYİH İlişkileri: Panel Bootstrap Nedensellik Analizi”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17 (3), ss. 374-388.
- SOYTAŞ, U. and SARI, R; (2009), “Energy Consumption, Economic Growth, And Carbon Emissions: Challenges Faced By An EU Candidate Member”, *Ecological Economics*, 68, 1667-1675.
- TIWARI, A.K.; (2011). “A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO2 emissions: Evidence from India”, *Economics Bulletin*, 31 (2), pp.1793-1806.
- TONG, T., ORTIZ, J., XU, C. and LI, F.; (2020). “Economic Growth, Energy Consumption, And Carbon Dioxide Emissions İn The E7 Countries: A Bootstrap ARDL Bound Test”, *Energy, Sustainability and Society*, 10(20).
- VACHA, L. and BARUNIK, J.:(2012), “Co-movement of energy commodities revisited: evidence from wavelet coherence analysis”, *Energy Economics*, 34 (1), pp. 241-247.
- VIDYARTHI, H.; (2013), “Energy Consumption, Carbon Emissions And Economic Growth in India”, *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 10(4), 278-287.
- World Bank (2021). GDP per capita (current US\$)-Turkey. Erişim adresi <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=TR> (Erişim Tarihi 01.02.2021)
- YILDIZ, B.; (2019). “E7 Ülkelerinde CO2 Emisyonu, Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Kentleşme Arasındaki İlişki”, *Social Sciences Research Journal*, 8 (3), ss.283-297.
- ZHAO, G., JIANG, D., DIAO, J. and QIAN, L.; (2004), Application of Wavelet Time-Frequency Analysis on Fault Diagnosis for Steam Turbine, In:5th International Conference of Acoustical and Vibratory Surveillance Methods and Diagnostic Techniques, France, CETIM.