

## Mekânsal Panel Modelleri Kullanılarak Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Çevresel Bozulma ve Büyüme İlişkisinin İncelenmesi: Balkan Ülkelerinden Kanıtlar

Ramazan SAYAR<sup>1</sup>, Yılmaz Onur ARİ<sup>2</sup>, Turgut BAYRAMOĞLU<sup>3</sup>

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmayla karbon salınımının Balkan ülkeleri ve Türkiye'nin büyümesine etkisinin olup olmadığının, eğer varsa, bu etkinin ne yönde ve ne yoğunlukta olduğunun bulunması amaçlanmıştır.

**Yöntem:** Bu çalışmada karbon emisyonları ve yenilenebilir enerji üretiminin Türkiye ve 12 Balkan ülkesinin büyümesine etkileri analiz edilmiştir. Çalışmada mekânsal etkileşimleri ortaya çıkarabilmek için Mekânsal Otokorelasyon Analizi yapılmıştır. Büyümeyle etkileyen faktörleri incelemek için ise Havuzlanmış En Küçük Kareler yöntemi kullanılmıştır.

**Bulgular:** Çalışmanın sonuçlarına göre Balkan ülkelerinde yenilenebilir enerjinin büyüme üzerindeki olumsuz etkisinin, yenilenebilir enerjinin henüz gelişme aşamasında olması ve üretimdeki payının hala düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımların sınırlı olması yenilenebilir enerji sektörünün yavaş yayılmasına neden olmaktadır.

**Özgünlük:** Çalışmada farklı bir yöntem olarak mekânsal panel modellerinin kullanılması ve kapsamın Türkiye ile sınırlı tutulmayıp tüm Balkan ülkelerini de kapsaması bu çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerjiler, Karbon Salımı, Mekânsal Komşuluk, Ağırlık Matrisi, Sürdürülebilir Kalkınma.

**JEL Kodları:** Q56, O13, Q40.

## Examining the Relationship of Renewable Energy Consumption, Environmental Degredation and Growth Using Spatial Panel Data Models: Evidence from Balkan Countries

### ABSTRACT

**Purpose:** In this study, it is aimed to find out whether carbon emissions have an effect on the growth of the Balkan countries and Türkiye, and if so, in what direction and in what intensity of this effect is.

**Methodology:** In this study, the effects of carbon emissions and renewable energy production on the growth of Türkiye and 12 Balkan countries were analyzed. In the study, Spatial Autocorrelation Analysis was performed in order to reveal spatial interactions. The Pooled Least Squares Method was used to examine the factors affecting growth.

**Findings:** According to the results of the study, it can be said that the negative effect of renewable energy on growth in the Balkan countries is due to the fact that renewable energy is still in the development stage and its share in production is still low. The limited investments in the renewable energy sector cause the renewable energy sector to spread slowly.

**Originality:** Using spatial panel models as a different method in the study and the fact that the scope is not limited to Türkiye but also covers all the Balkan countries constitute the original value of this study.

**Keywords:** Renewable Energies, Carbon Emission, Spatial Neighborhood, Weight Matrix, Sustainable Development.

**JEL Codes:** Q56, O13, Q40.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Bayburt, Türkiye, ramazansayar@bayburt.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8663-2962.

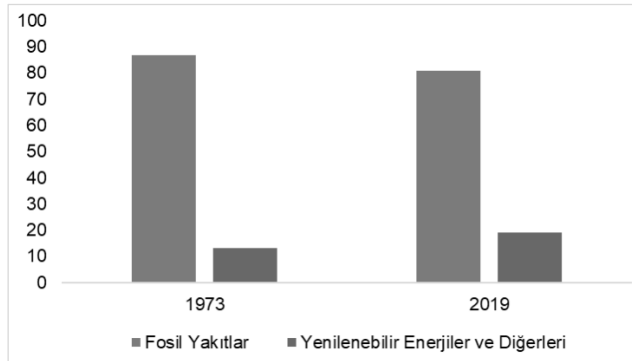
<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Bayburt, Türkiye, onurari@bayburt.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7634-2531 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*).

<sup>3</sup> Doç. Dr., Bayburt Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Bayburt, Türkiye, tbayramoglu@bayburt.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0778-0516.

## 1. GİRİŞ

Enerji, üretim faaliyetlerinin olmazsa olmazıdır. Başta sanayi olmak üzere ulaştırma, tarım ve inşaat gibi faaliyet alanlarının en önemli girdilerden birisidir. Üretim için enerji kullanımı kaynak olarak zamanla değişiklikler geçirmiştir. Bu kaynak sanayi devriminden önce insan gücü ve hayvan gücüne dayanırken, fosil kaynakların bulunması ile kömür, petrol ve doğal gaz olmuş ve nihayet nükleer yakıt ve yenilenebilir enerjilere doğru bir geçiş yaşanmıştır. Bu enerji türlerinden fosil yakıtlar kullanılmaya başlandığından beri enerji yelpazesindeki ağırlığını hiç kaybetmemiştir. Fosil yakıtlar Sanayi Devrimi'nin temelini teşkil etmiş, ulaşım ve üretimde rekorlar kırılmıştır. Üretimin bu baş döndürücü hızı, nüfusun hızlı artışı, teknolojik gelişmeler ve kentleşme ile birleşince çevre üzerinde geri dönüşmesi zor tahriplere neden olmuştur. Fosil yakıtların çevresel etkilerinin biliniyor ve kabul ediliyor olması yeni kaynakların arayışının meşru zeminini oluşturmaktadır.

Uluslararası alanda 1970'lerde başlayan çevre hassasiyeti, yenilenebilir enerjilerin sistem içerisine dahil edilmesini hızlandırmıştır. Şimdilerde üretimde enerji yelpazesinde ağırlık halen fosil yakıtlarda olmak üzere, yenilenebilir enerjilere doğru bir geçiş öngörülmektedir. Bunun altında yatan temel neden üretimin sürdürülebilir zemine yapılmasının zorunluluğudur. Üretim artışına paralel bir şekilde enerji talebinin artması ile çevresel bozulmalar, başta Birleşmiş Milletler (UN) ve Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) gibi kuruluşların çevreye en az zarar veren alternatif enerjilere yoğunlaşmasını sağlamıştır. Bu çerçevede bu konuya en fazla ağırlık veren uluslararası kuruluşlardan birisi de Avrupa Birliği (AB)'dir. AB, enerji politikalarının amaçları doğrultusunda kendisine üç temel hedef belirlemiştir. Bunlar, enerji verimliliğinin %20 artırılması, enerji arzında yenilenebilir enerji kaynaklarının payının %20'ye çıkarılması, ulaşım sektöründe kullanılan biyoenerji oranının en az %10'a çıkarılması ve sera gazı emisyonlarının %20 düşürülmesidir (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2021). Bununla beraber enerji verimliliği de doğrudan bağlantılıdır. Enerji verimliliği ister bireysel kullanım için binalarda ister üretimde olsun yaşam kalitesini düşürmeden birim ve üretim miktarı başına kullanılan enerjinin azaltılması olarak tarif edilebilir (ETKB, 2022). Bu açıdan enerji piyasaları verimliliğinin en fazla dikkate alınması gereken sektörlerin başında gelmektedir. Ülke olarak mevcut enerji arzınıza hiç ilave yapmamış olsanız bile sadece verimlikte iyileştirmeler yaparak enerji ihtiyacınızın bir kısmını karşılamış olursunuz. Enerji verimliliği aynı zamanda iklim krizi ile mücadelede önemli işlev görmektedir.



**Şekil 1. Dünyada birincil enerji kullanımı (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş., 2021)**

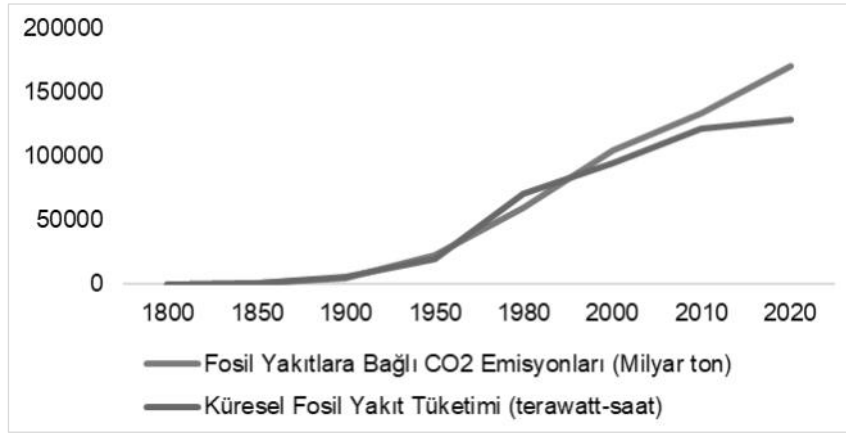
Dünya çapında oluşmuş çevre hassasiyetine rağmen enerji yelpazesindeki fosil yakıtların arzı Şekil 1'den de anlaşıldığı üzere 1973 yılında %86'lar civarında iken 2019 yılında sadece altı puanlık bir düşüşle % 80'lere gerilemiştir. Bu rakamlar enerji arzında çevre dostu yenilenebilir enerji üretim arzının istenen seviyelerden çok uzak olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerjilerin hızlı artırılamamasındaki ana sebepler; yüksek yatırım maliyetleri, üretimi yerelde yapıldığı için taşımalarının ve depolanmasının zor olması, üretiminin iklim koşullarına bağlı olması olarak sayılabilir (Bayramoğlu, 2018; 13).

Ülkeler büyümelerinden taviz vermeden enerji tercihlerini değiştirmek istemektedirler ancak bu talep yenilenebilir enerjilerin artışının karşılaştığı problemlerden dolayı kolay olmamaktadır. Fosil yakıtlar ise bahsedilen gerekçelerle vazgeçilemez olduğu için çevresel göstergelere yansımaktadır. 1970'lerden günümüze kadar enerji arzı artışı toplamda %2'lik bir artış göstermiştir. Enerji kaynakları itibarıyla farklılıklar görülmekte, biyoenerji ve yakıtlarda bu oran %1,7 iken nükleer enerjide %7, fosil yakıtlarda ortalama %2 ve diğer yenilenebilir enerjilerde ortalama %9,1 olmuştur. Enerji talebinin artmasının bir diğer nedeni de başta Çin olmak üzere aralarında Türkiye'nin de bulunduğu gelişmekte olan ülkelerin enerji taleplerinin fazlalığıdır. Türkiye'de enerji tüketimi artışı dünya ortalamasının üzerinde gerçekleşmektedir. Son on yılda dünyada enerji tüketimi 1,3 kat artarken bu rakam Türkiye'de 1,5 kat olarak gerçekleşmiştir. Yapılan

projeksiyonlar bu oranın gelecek yirmi yılda 2,1 kata kadar çıkacağını göstermektedir (Bayramoğlu, 2016, 164).

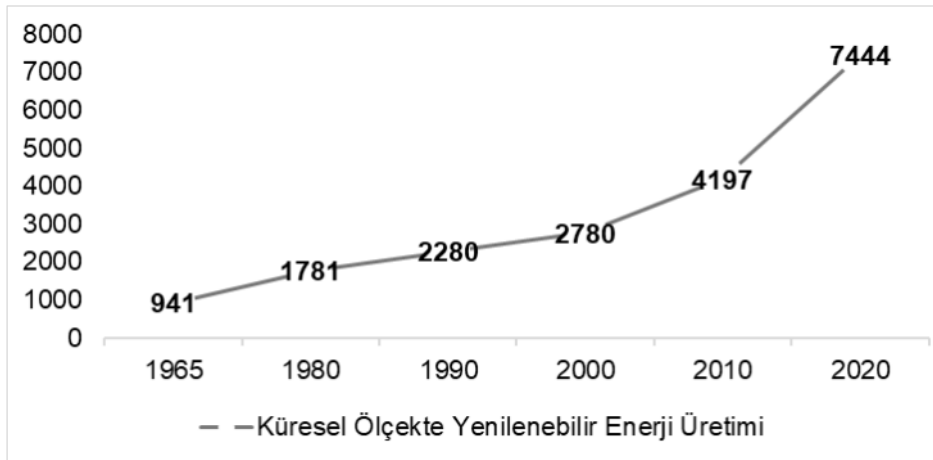
Çevresel kirliliğin önemli bir göstergesi CO<sub>2</sub> emisyonları olarak kabul edilmiştir. Enerji üretimi temelli CO<sub>2</sub> emisyonları 1990'lı yıllarda toplamda 20,516.0 Mt CO<sub>2</sub> iken bu rakam 2018 yılında 33,513.3 Mt CO<sub>2</sub> ye yükselmiştir. Bu yükselişteki en büyük katkı kömürden gelmiştir (İEA, 2021). CO<sub>2</sub> emisyonları dünya ortalaması 1960 yılında kişi başına 3.12 ton iken bu rakam 1979 yılında zirveye çıkarak 4,70 ton olmuş, 2018 yılında ise 4.48 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu ortalamalara en yüksek katkıları gelişmiş ülkelerin yaptığı bilinmektedir. Örneğin ABD'nin kişi başına düşen küresel sera gazı emisyonu 1960 yılında 16 ton iken 1973 yılında 22,51 tona yükselmiş, 2018 yılında ise bir düşüş yaşayarak 15,24 ton olarak gerçekleşmiştir (Dünya Bankası, 2021).

Şekil 2'den anlaşıldığı üzere 1800'lü yıllarda enerji kaynaklı sera gazı salımı sadece 0,781 milyon ton iken 1900'lerin başında bu rakam 44,82 milyar tona ve 2020 yılında ise 1,700 trilyon tona çıkmıştır. 1800'den 2019'a değişim oranı %389,625 olmuştur. Emisyon artışındaki sıçramaların 1850'lerde başladığı ancak büyük sıçramanın 1950'li yıllarda olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2. Küresel anlamda fosil yakıtlara bağımlı CO<sub>2</sub> emisyon miktarları<sup>4</sup> (Our World in Data, 2022)

Bu rakamlar emisyon artışının doğrudan enerji üretimi kaynaklı olduğunu göstermektedir. Aynı tarihlerde fosil yakıt tüketimine bakıldığında 1800'lü yıllarda 97 terawatt-saat iken 1900'lerin başında 5,973 terawatt-saat, 2020 yılında ise 128,800 terawatt-saate çıkmıştır. Tarihsel süreç içerisinde Tablo 2'deki CO<sub>2</sub> emisyonlarının artış hızı ile fosil yakıtların tüketim hızının nerede ise aynı eğrileri çizmesi sera gazı salımının fosil yakıt tüketimi ile olan bağlantısına kanıt olarak gösterilebilir. Fosil yakıt tüketimindeki bu artış ise ulusal ekonomilerin enerji ihtiyacının bir sonucudur. Fosil yakıtların sera gazı emisyon miktarı ilişkisi bilindiği için küresel ölçekte yenilenebilir enerjilerin üretimine hız verilmiştir. Şekil 3'te küresel ölçekte yenilenebilir enerji üretim miktarları verilmiştir.



Şekil 3. Küresel ölçekte yenilenebilir enerji üretim miktarları (terawatt-saat)

<sup>4</sup> CO<sub>2</sub> emisyonları milyar ton, fosil yakıt ve yenilenebilir enerji üretimi ise terawatt-saat cinsinden verilmiştir.

Yenilenebilir enerjiler sera gazı emisyonları açısından çok avantajlı oldukları için yeşil enerji ve çevre dostu enerji olarak tanımlanmıştır. Yenilenebilir enerjilerin depolama zorlukları ve ilk tesis maliyetleri gibi çok az miktarda dezavantajı bulursa da daha ziyade avantajları olan bir enerji kaynağıdır. Bunlardan bazıları karbon bazlı değildir, çevreye etkileri fosil yakıtlara göre nerede ise sifıra yakındır ve doğada kaybolmadan kendisini yenileyebilmektedirler.

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılında çevreyi siyasetin ana konularından birisi haline getiren Ortak Geleceğimiz Raporu ile çevre ve kalkınma ortak bir konu olarak ele alınmaya başlanmıştır. Komisyon raporu ile uluslararası alana taşınan kalkınmadaki paradigma değişimi birçok uluslararası toplantıdan sonra nihayet en büyük katılımı Paris İklim Zirvesi'nde tekrar gündeme gelmiştir. 2015 yılında toplanan Paris İklim Zirvesi'ne 195 ülke katılmış ve taraf bütün ülkelerin katkılarına dayanan bir sistem öngörülmüştür. Anlaşmada, tarafların ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler ilkesi benimsenmiştir. Bunun sebebi de ülkelerin gelişme farklılıklarının onlara farklı sorumluluklar yüklemesidir. Paris İklim Zirvesi uzun vadede ana hedef olarak dünyanın endüstrileşme öncesi döneme göre küresel sıcaklık artışının 2oC'nin olabildiğince altına inmesini amaçlamaktadır. Bu hedefe ulaşmak için fosil yakıtların tedricen azaltılması ve yenilenebilir enerjilere yönelmek gerektiği kabul edilmiştir (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2021). Paris Anlaşması'nın yürürlüğe girebilmesi için, anlaşmaya taraf olan en az 55 ülkenin kendi parlamentolarında anlaşmayı kabul etmeleri gerekmektedir. Anlaşma bu şartın sağlandığı 5 Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Türkiye anlaşmayı kabul eden 187 ülkeden biridir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Çevrenin kirlenmesinin çok çeşitli aktörleri olsa da en büyük etki sera gaz emisyonlarıdır. Bu etki, dünyanın gereğinden fazla ısınmasına neden olmakta, bu ise bilindiği üzere aşırı yağmurlar, aşırı kuraklık, kasırgalar ile kutuplardaki ve yüksek dağlardaki buzulların erimesi ile deniz seviyesinin yükselmesi gibi bir dizi geri dönüşü olmayan sonuçlara neden olmaktadır. Çevresel bozulmanın ana sebebinin büyük oranda enerji üretimi ve tüketimi, endüstriyel üretim ve ulaşım faaliyetleri için enerji talebi oluşturmaktadır (Pabuçcu ve Bayramoğlu, 2016; 762). Uluslararası toplum çevresel bozulmayı önlemek ya da en azından durdurmak için ülkelerin üretimlerinden tavize yanaşmamaları sebebi ile daha uygulanabilir olarak gördükleri enerji kaynağını değiştirmekte görmektedir. Yani çözüm şimdilik fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjilere geçiş olarak görülmektedir.

Enerji ve büyüme ilişkisi literatürde çok çalışılmış bir konudur ancak enerji ihtiyacı artıp çevresel hassasiyetler de geliştikçe insanlık için önemli olan büyüme ve çevresel bozulma dengesi daha fazla pamuk ipliğine bağlı hale gelmiştir. Bu sebeple makro planı gözden kaçırmadan bölgesel çalışmalara ve dinamiklere vurgu yapan çalışmaların daha fazla olması gerektiği açıktır. Bu çalışmada ise farklı bir yöntem olarak mekânsal panel modelleri kullanılmış, kapsam Türkiye ile beraber tüm Balkan ülkeleri olarak seçilmiştir. Çalışmada kalan bölümler şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde değişkenler arasındaki ilişkinin incelendiği literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde yöntem, veriler ve analiz sonuçları ele alınmıştır. Sonuç ve değerlendirme ise dördüncü bölümde yer almaktadır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1 Çevresel Bozulma ve Büyüme İlişkisi

Kuznets (1955) gelir eşitsizliğinin başlangıçta kişi başına düşen GSYİH ile ölçülen ekonomik büyümeyi kötüleştirdiği, ardından ekonomik büyüme belirli bir düzeye ulaştıktan sonra gelir adaletsizliğinin kaybolmaya başlayacağını ortaya koymuştur. Bu yörünge, iktisadi literatürde "Kuznets Eğrisi" olarak da bilinen, gelir dağılımı ve ekonomik büyüme arasındaki ters U şeklinde beliren ilişkiyi ortaya çıkarmıştır. Ancak gelir düzeyi ile çevresel bozulma arasında da ters U şekline benzer bir ilişkinin ortaya çıkması sonucunda, bu kavram çevre ve enerji ekonomisi literatürü için de önem kazanmıştır (Güney, 2018).

Ampirik literatür ele alındığında Çevresel Kuznets Eğrisi'nin (EKC) geçerliliğini sınamak amacıyla büyümenin çevre kalitesi üzerindeki dinamik etkilerinin incelendiği görülmektedir. Bu konuda ilk çalışmalar ekonomik büyüme ve çevre kalitesi arasındaki ters bir ilişkinin varlığından söz eden Grossman ve Krueger (1991) ve Holtz-Eakin ve Selden (1995)'e aittir. Bahsi geçen çalışmaların ardından gelen ve EKC eğrisinin geçerliliğini test eden çalışmalar 3 kategoride toplanabilir:

İlk kategoride yapılan çalışmaların sonucu EKC görüşünü desteklememektedir. Örneğin, Başar ve Temurlenk (2007), Türkiye'de 1950-2000 dönemi için gelir-CO<sub>2</sub> miktarı arasında anlamlı bir ilişki elde edememiş ve KPSS Birim Kök Testi ve regresyon analizi sonucunda ters N şeklinde bir ilişki bulunmuştur. Benzer şekilde, Pal ve Mitra (2017), çalışmalarında 1971-2012 yılları için Çin ve Hindistan arasında karşılaştırmalı bir analiz yaparak, CO<sub>2</sub> emisyonu ve büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. ARDL yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda değişkenler arasında N şeklinde bir ilişkinin olduğu ortaya konmuştur. Bu da EKC hipotezini reddetmektedir.

İkinci kategorideki çalışmalar EKC hipotezini desteklemektedir. Örneğin, Katrakilidis ve diğerleri (2016), Yunanistan için 1960-2012 dönemini alarak yaptıkları çalışmada gelirden CO<sub>2</sub> emisyonuna doğru güçlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Ulucak ve Bilgili (2018) çalışmalarında 1961-2013 döneminde düşük, orta ve yüksek gelir grubu ülkeleri için çevresel bozulma ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi CUP-BC ve CUP-FM modelleri kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada çevresel bozulma göstergesi olarak CO<sub>2</sub> emisyonu yerine ekolojik ayak izi değişkeni uygulanmıştır. Çalışma sonucunda üç ülke grubu için de EKC hipotezinin geçerliliği onaylanmıştır. Güney (2018), 1960-2016 yıllık verilerini kullanarak Türkiye için gelir-CO<sub>2</sub> emisyonu ilişkisini ARDL ve Hata Düzeltme Modeli (ECM) yardımıyla analiz etmiştir. Çalışmada EKC hipotezinin hem kısa hem de uzun dönemde geçerli olduğu, kişi başına CO<sub>2</sub> emisyon miktarının gelir düzeyi bir noktaya kadar yükselirken yükseldiği, bir eşik değerden sonra gelir artışına rağmen azalışa geçtiği ortaya konmuştur. Genç ve diğerleri (2021) ise 1980-2015 döneminde Türkiye için çıktındaki dalgalanmanın CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki kısa ve uzun dönemli dinamik etkisini ARDL yaklaşımıyla incelemişlerdir. Çalışmada uzun dönemde ekonomik büyümenin karbon emisyonunu arttırdığı, ancak çıktıdaki dalgalanmanın karbon emisyonunu azalttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, EKC'nin Türkiye için geçerli olduğu sonucu bulunmuştur.

Üçüncü kategori ise CO<sub>2</sub> emisyonu-büyüme ilişkisi ile ilgili karışık bulguları ortaya koyan çalışmalardan oluşmaktadır. Örneğin, Adu ve Denkyirah (2019) Afrika için kısa dönemde büyümenin çevre kirliliğini arttırdığını, fakat uzun dönemde bu etkinin önemsiz olduğunu öne sürmüşlerdir. Rasli ve diğerleri (2018) çalışmalarında çevresel kirlenme göstergesi olarak CO<sub>2</sub>'yi aldıklarında az gelişmiş ve gelişmekte olan ülke grubu için EKC'nin geçerliliğinin reddedildiği, buna karşın CO<sub>2</sub> yerine azot oksidi alındığında GSYİH ile pozitif ilişki içinde olduğu ve EKC'nin kabul edildiği sonucuna ulaşmışlardır. Seri ve Fernandez (2021) ise, EKC hipotezinin geçerliliğini Latin Amerika ülkeleri için test etmiş ve çok az ülkede değişkenlerin EKC hipotezini desteklediğini, çoğu Latin ülkesi için EKC hipotezinin reddedildiğini dile getirmişlerdir.

Teorik temelleri mevcut literatürde uzun süredir kurulu olmasına rağmen, literatürün ilk örneklerinde enerji tüketiminin büyüme-çevresel bozulma ilişkisine etkisi dikkate alınmamıştır. Enerji tüketimi çevresel kirliliğin derecesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle enerji tüketiminin rolü EKC'nin varsayımlarını test ederken incelenmelidir. Bu çalışmada özellikle 2000'li yıllarda önemi giderek artan yenilenebilir enerji tüketiminin mevcut literatüre katkısı ele alınmıştır.

## 2.2 Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Çevresel Bozulma ve Büyüme İlişkisi

Apergis ve diğerleri (2010) çalışmalarında 1984-2007 döneminde 19 gelişmekte ve gelişmiş ülke için yenilenebilir enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonu ve büyüme ilişkisini panel veri analizi yardımı ile incelemişlerdir. Analiz sonucunda CO<sub>2</sub> emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında anlamlı ve pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Saboori ve Sulaiman (2013), 1971-2009 döneminde ASEAN ülkeleri üzerine yaptığı çalışmada ilgili değişkenler arasındaki ilişkiyi ARDL ve Granger Nedensellik Testine dayalı Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) yardımıyla analiz etmiştir. Çalışma sonucunda bütün değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin olduğu ve karbon emisyonları ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında hem kısa hem de uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişkinin olduğu bulunmuştur. Acaravcı ve Erdoğan (2018), yenilenebilir enerji üretiminde dünyada ilk beş içinde olan ülkeler için çevre kirliliği, yenilenebilir enerji üretimi ve gelir arasındaki ilişkiyi, dinamik panel veri tekniğiyle 1992-2013 dönemi için araştırmışlardır. Çalışma sonunda değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu ve yenilenebilir enerji üretiminin çevre kirliliği üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Kişi başına gelirin ise çevre kirliliği üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. 16 AB ülkesini kapsayan çalışmada Bekun ve diğerleri (2019), 1996-2014 dönemi için uyguladıkları panel veri analizinde ekonomik büyümenin CO<sub>2</sub> emisyonunu arttırırken, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Tam Uyarlanmış En Küçük Kareler (FMOLS-Fully Modified Ordinary Least Squares) ve Dinamik En Küçük Kareler (DOLS-Dynamic Ordinary Least Squares) tekniklerini uygulayan Destek ve diğerleri (2018), AB ülkeleri için 1980-2013 dönemini ele aldıkları çalışmalarında büyüme ve ekolojik ayak izi arasında U şeklinde bir ilişki tespit etmişlerdir. Yenilenebilir enerjinin ise AB ülkelerinde çevresel bozulmayı azalttığı bulunmuştur. Qiao ve diğerleri (2019), 1990-2014 dönemine ait verileri kullanarak ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji kullanımını CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkisini EKC çerçevesinde G-20 ülkeleri için incelemişlerdir. Panel veri birim kök testleri, eş-bütünlük testleri ve Tam Uyarlanmış En Küçük Kareler tekniklerinin uygulandığı çalışmanın sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmaya göre, büyümenin sadece G-20'deki gelişmekte olan ülkeler için CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu görülürken, yenilenebilir enerji tüketiminin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan G-20 ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı görülmüştür. G-8 ülkelerini kapsayan çalışmada ise Mahjabeen ve diğerleri (2020), 1990-2016 dönemi için ilgili değişkenler arasındaki ilişkiyi ARDL, Tam Uyarlanmış En Küçük Kareler ve Dinamik En Küçük Kareler yardımıyla analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel bozulmanın yanı sıra ekonomik büyüme üzerinde de olumlu etkilerinin olduğu bulunmuştur. Ekolojik ayak izinin çevresel bozulma

göstergesi olarak ele alındığı çalışmada Nathaniel ve Khan (2020), ASEAN bölgesi ülkelerinde 1990-2016 dönemi için panel veri analizi yardımıyla yenilenebilir enerji-büyüme ve çevresel bozulma ilişkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliğini azalttığı ama etkisinin önemsiz olduğunu ortaya konmuştur. Büyüme ise bu bölgedeki ülkelerde çevresel bozulmaya katkıda bulunmaktadır. Sera gazı emisyonlarının (GHG) çevresel bozulma göstergesi olarak alındığı çalışmada Florea ve diğerleri (2020), 11 Merkez ve Doğu Avrupa ülkesi için 2000-2017 döneminde yenilenebilir enerji-sera gazı ilişkisini ARDL'ye dayalı Granger Nedensellik-Hata Düzeltme Modeli ve Pairwise Granger Nedensellik Testi yardımıyla analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda kısa dönemde yenilenebilir enerjiden sera gazı emisyonlarına tek yönlü bir ilişkinin olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Yenilenebilir enerji tüketimi, çevresel bozulma ve büyüme ilişkisini ele alan yakın dönemde yayınlanmış çalışmalardan Adedoyin ve diğerleri (2021), 1996'dan 2014'e kadar olan süreçte 32 Sahra-altı Afrika ülkesi için enerji-emisyon-büyüme politikasını incelemişlerdir. Sistem-GMM yöntemiyle hem reel GSYİH hem de yenilenemeyen enerji üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu arttırdıkları sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmaya göre, ekonomi politikalarındaki belirsizliğin ortadan kaldırılmasının gerek yenilenebilir enerji gerekse yenilenemeyen enerji üretiminin emisyon düzeyini azaltmasına etki edebileceği öne sürülmüştür. Namahoro ve diğerleri (2021) ise kapsamı genişleterek 50 Afrika ülkesinin 1980-2018 dönemi için enerji yoğunluğunun karbon emisyonunu teşvik ettiğini, ancak yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte büyümenin CO<sub>2</sub> emisyonlarını genel anlamda negatif etkilediği ancak bu etkinin bölgesel olarak değiştiği dile getirilmiştir. Çalışmada CO<sub>2</sub> emisyonları ve diğer değişkenler arasında çift yönlü bir nedenselliğin varlığı tespit edilmiştir.

Türkiye ile ilgili son dönemde yapılan çalışmalardan Batmaz ve diğerleri (2019), 1985-2014 döneminde yenilenebilir enerji kaynaklarının büyüme ve karbon emisyonu ilişkisini eş bütünleşme ve Granger nedensellik testiyle incelemiştir. Çalışma sonucunda karbon emisyonu ile ekonomik büyüme arasında doğrusal bir ilişki bulunmazken, doğrusal olmayan bir eş-bütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca büyümeden ve karbon emisyonundan yenilenebilir enerji üretimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Özpolat ve Özsoy (2021), 1990-2015 döneminde yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başına GSYİH'nin karbon emisyonu üzerindeki etkisini ARDL sınır testi yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Bununla birlikte, büyümenin çevre kirliliği üzerindeki etkisi incelenerek Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerliliği test edilmiştir. ARDL sınır testi sonucuna göre kısa ve uzun dönemde CO<sub>2</sub> emisyonu ile kişi başına GSYİH arasında ters-U şeklinde bir ilişki elde edilmiş, dolayısıyla Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasında ise negatif bir ilişki bulunmuştur. Yurtkuran (2021) ise 1970-2017 döneminde Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik küreselleşmenin CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkisini Gregory-Hansen Eşbütünleşme Testi, Bootstrap ARDL Yaklaşımı ve Tam Uyarlanmış En Küçük Kareler ve Dinamik En Küçük Kareler yardımıyla analiz etmiştir. Politik, sosyal ve ekonomik KOF Küreselleşme endekslerinin açıklayıcı değişken olarak kullanıldığı çalışmada yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik küreselleşmenin çevre kirliliğini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bakımdan, çalışma değişkenlerin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde arzu edilmeyen bir etkisinin olduğunu savunmaktadır.

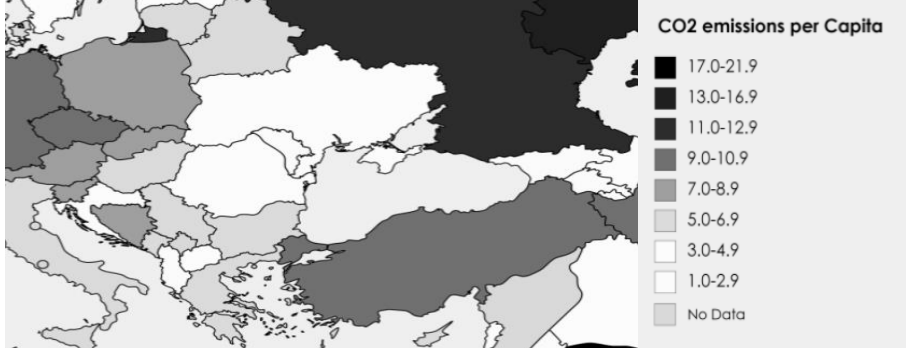
Yenilenebilir enerji çalışmalarında mekânsal panel modellerinin kullanılması literatürde çok yaygın olmamakla birlikte yakın dönem çalışmalarında analizlere rastlanmaktadır. Örneğin, Yücel (2021), çevresel sürdürülebilirliğin gerek dinamik gerekse mekânsal etkilerinin modelleme aşamasındaki önemine değinerek dinamik mekânsal panel veri yönteminin çevresel sürdürülebilirlik araştırmaları üzerindeki gerekliliğine vurgu yapmıştır. Radmehr ve diğerleri (2021) ise ampirik çalışmalarında 1995-2014 yılları için AB ülkelerindeki yenilenebilir enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Mekansal İki Aşamalı En Küçük Kareler Yöntemi (GS2SLS) yardımıyla incelemişlerdir. Kanıtlar, ekonomik büyümenin mekansal olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarından veya yenilenebilir enerji tüketiminden daha güçlü olduğunu göstermiştir.

Genel anlamda literatür incelendiğinde AB, G-8, G-20 gibi gelişmiş ülkelerin çoğunlukta olduğu ülke gruplarında yenilenebilir enerjinin çevre kirliliği ve ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkilerinin olduğu görülmektedir. Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezinin geçerliliği ise iktisadi literatürde çoğunlukla desteklenmektedir. Buna karşın Türkiye için özellikle son dönemde yapılan çalışmalarda yenilenebilir enerji, çevresel bozulma ve büyüme ilişkisine ilişkin karışık sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bu konu daha geniş bir perspektifte ele alınmaya değer görülmektedir.

### 3. METODOLOJİ

Mekânsal analizler, bölgesel analizlerde coğrafyanın etkisinin göz önüne alınma ihtiyacından dolayı sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bu gerekliliği Waldo Tobler; "Her şey başka şeylerle ilişkilidir fakat birbirine yakın olan şeyler, birbirine uzak olanlara göre daha fazla ilişkilidir" sözüyle ifade etmektedir (Tobler, 1970; 236).

Mekânsal komşuluğun değişkenler üzerindeki etkilerinin de göz önüne alınması ile ilgili olarak mevcut literatür bu çalışmada kullanılan karbon salınımı, yenilenebilir enerji ve büyüme değişkenlerinin ülkelerin buldukları coğrafya ve komşu ülkelerden etkilenebileceklerini ifade etmektedir (Zheng ve diğerleri, 2014; Maddison, 2006; Bosker, 2007). Dolayısıyla, coğrafi bölgeler ile yapılan analizlerde mekânsal bağımlılığın dikkate alınmadığı geleneksel yöntemlerin kullanılması yanlış sonuçlara neden olacaktır. Bu sebepten analizde geleneksel yöntemler yerine mekânsal bağımlılığın dikkate alındığı mekânsal panel veri modellerinden yararlanılmıştır. Şekil 4'te Balkan ülkelerinin karbon emisyon değerleri verilmiştir.



Şekil 4. Balkan ülkeleri başına karbon emisyonu değerleri (EDGAR, 2018)

Şekil 4'te Balkan ülkelerinin karbon emisyon değerlerini gösteren renklendirilmiş haritada balkan ülkeleri arasında bir kümelenmenin olduğu görülmektedir. Buradan görülebildiği şekilde mekânsal bağımlılığın olduğu tespit edilebilmektedir. Mekânsal ekonometrik analizden bahsedebilmek için önce mekânsal ekonometrik analizlerin temelinde yer alan mekânsal etkiden bahsetmek gerekmektedir.

### 3.1 Mekânsal Komşuluk Matrisi ve Mekansal Ağırlık Matrisi

Mekânsal ekonometrik analizlerin temelinde diğer ekonometrik analizlerden farklı olarak mekânsal ağırlık matrisleri yer almaktadır. Mekânsal ağırlık matrisi değişkenlerin coğrafi olarak konumlarına veya yakınlığına göre oluşturulan,  $W$  ile ifade edilen  $N \times N$  boyutunda pozitif ağırlık matrisi vasıtasıyla panel ekonometrik modelde yer almaktadır (Gumprecht, 2005:2). Mekânsal ağırlık matrisi Mekânsal komşuluk matrisinden elde edilmektedir ve belli kriterlere göre belirlenen bir bölgedeki komşuluk ilişkilerini belirleyen bir matristir. Bu matris kullanılarak değişkenlerin verilerinin değişimlerinin konumlar ile ilişkilendirerek mümkün olan mekânsal etkilerin modele eklenmesine olanak sağlar (Elhorst, 2013). Mekansal komşuluk matrisinde bulunan ( $w_{ij}$ ) satır ve sütunlarda bulunan ülkelerin birbirleriyle olan komşuluk durumları belirtilmektedir. Yani  $i$  ülkesiyle  $j$  ülkesinin komşuluğu varsa matriste iki ülkenin kesişmesi "1" değerinde olacak; komşulukları bulunmuyorsa "0" değerini alacaktır (Cliff ve Ord, 1973; Cliff ve Ord, 1981). Mekânsal komşuluklar üç şekilde belirlenebilmektedir;

*Kale komşuluk:*  $w_{ij} = 1$  için ortak kenarları paylaşan komşulukları gösterir.

*Fil komşuluk:*  $w_{ij} = 1$  için ortak köşeyi paylaşan komşulukları gösterir.

*Vezir komşuluk:*  $w_{ij} = 1$  için hem kenarları hem de köşeleri paylaşmış komşuluklardır (Anselin, 1988: 18).

Bu çalışmada değişkenler üzerindeki mekânsal etkinin varlığı aşağıdaki Tablo 1'deki mekânsal komşuluk matrisinden elde edilen Tablo 2'de gösterilen ülkelerin ortak kenar ve köşe komşuluğunu temel alan vezir komşuluğuna dayalı ağırlık matrisi ile incelenmiştir.

**Tablo 1. Mekânsal komşuluk matrisi**

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
5	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
6	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
9	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

**Tablo 2. Mekânsal ağırlık matrisi**

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0
2	0	0	0,33	0	0	0	0,333	0,333	0	0	0	0	0
3	0	0,2	0	0	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0
4	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0,25
5	0	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0
6	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0
7	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0
8	0,125	0,125	0,125	0	0,125	0,125	0,125	0	0	0,125	0	0,125	0
9	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0	0	0,2	0,2
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0,25	0	0	0,25	0	0,25	0,25	0	0
13	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0

### 3.1 Mekânsal Otokorelasyon

Mekânsal yayılımda birbirlerinin benzeri özelliklere sahip olanların toplanma ve dağılıma düzeylerini analiz eden yöntemlerin birisi de mekânsal otokorelasyon analizidir. Moran-I endeksi adı verilen analizde, bir gözlem ve buna bağılı olarak birbirine komşu olanların ortalama değerlerinin arasındaki doğrusal ilişkinin varlığını tespit etmek için kullanılmaktadır (Moran,1950). Bu durumda, analizdeki tüm gözlemler birbiriyle bağlantılıdır. Birinde oluşan değişim, komşu olanların tamamına yayılarak etkileyecektir.

Moran-I endeksi birbirleriyle komşuluğu olan bölge veya ülkelerin birbirleriyle ilişkilerinin varlığını ve yönünü açığa çıkarmaktadır. Endeks değeri +1'e yaklaşırsa pozitif korelasyon dolayısıyla mekânsal kümelenme ortaya çıkarken: -1'e yaklaşırsa negatif bir korelasyon, dolayısıyla mekânsal kümelenmenin negatif olarak birbirlerini etkileme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bunun yanında endeks 0 değerine yaklaştığında burada ilişkinin bulunmadığı ortaya çıkar. Bu bağımlılık aşağıdaki Eşitlik 1'de gösterilmiştir (Anselin, 1995; Getis and Ord, 1996; Levine, 2004).

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S^2_i} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{X}) \quad (1)$$

Yerel Moran I değerleri, i ülkesinin çevre alanları (j ülkeleri) ile büyüme, karbon emisyonları ve yenilenebilir enerjinin mekânsal birleşme derecesini gösterir. Modelin tahmininden önce ülkeler arasında kümelenmenin yani birbirlerine bağımlılıklarının olup olmadığını göstermek için rastgele seçilmiş yıllara göre değişim Moran-I endeksi hesaplanarak aşağıdaki Tablo 3'te gösterilmiştir.



**Tablo 3. Yıllara göre yerel Moran I değerleri**

Değişkenler	1997	2002	2007	2012	2015
Yenilenebilir enerji çıktısı	-0,076	-0,123	-0,129	-0,111	-0,147
Karbon salınımı	0,101	0,055	0,195	0,252	0,167
Kişi başı milli gelir	0,047	0,026	0,039	0,066	0,069

Modelde mekânsallık kullanılmadan önce rastgele seçilmiş yılların Moran-I endeksi hesaplanarak ülkelerin mekânsal kümelenmesine bakılmıştır. Yenilenebilir enerji haricinde diğer değişkenlerin Moran-I endeksinin +1'e yaklaşması ülkeler arasında pozitif korelasyon dolayısıyla mekânsal kümelenme varlığını gösterirken, Yenilenebilir enerji değişkeninin Moran-I endeksinin -1'e yaklaşması ülkeler arasında negatif korelasyon dolayısıyla mekânsal kümelenme varlığını göstermektedir. Her iki durumda da bulunan değerler mekânsal analiz yapmak için gerekli komşuluk etkileşiminin olduğu göstermektedir.

### 3.2 Veriler ve Değişkenler

Bu çalışmada 12 Balkan ülkesi ile beraber Türkiye'nin karbon salınımı ve yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerine etkileri analiz edilmiştir. Mekansal ekonometrik analiz için GeoDa 1.20.0 programından ve STATA 14 paket programından yararlanılmıştır. Çalışma için veriler Dünya bankası veri tabanından elde edilmiştir. Büyüme değişkeni kişi başına düşen milli geliri, Yenilenebilir enerji değişkeni toplam enerji üretimi içerisindeki yenilenebilir enerji üretim oranını ve karbondioksit emisyon değişkeni ise kişi başına karbon emisyonu metrik tonu verileri kullanılmıştır. Analizde kullanılan tüm ülkelerin<sup>5</sup> 1997- 2018 yılları arası verilerinin logaritması alınarak analizde yer almıştır. Çalışmanın kapsadığı dönemlere ait değişkenlerin verilerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 4'te belirtilmiştir.

**Tablo 4. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler**

Değişkenler	Gözlem sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Kişi başı milli gelir	247	8,847	0,747	7,254	10,302
Karbon salınımı	247	1,434	0,5578	-0,755	2,245
Yenilenebilir enerji çıktısı	247	2,957	1,146	-0,5478	4,605

Tanımlayıcı istatistiklere bakıldığı zaman panel veri çalışması için verilerin büyüklüğünün yeterli olduğu görülmektedir. Çalışmada öncelikle mekânsal etkinin dâhil edilmediği bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin varlığını ve yönünü ortaya çıkarmak için literatürde çokça kullanılan havuzlanmış Olağan En Küçük Kare (OLS)'ler yöntemi ile oluşturulan modelin parametreleri tahmin edildi. Y'nin bağımlı değişken olduğu ve  $X_1$  ve  $X_2$ 'nin bağımsız değişkenler olduğu doğrusal regresyon modelinin genel formu Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1,it} + \beta_2 X_{2,it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Bu modelde  $Y$ , kişi başı milli gelir;  $X_1$ , karbon salınımı ve  $X_2$  yenilenebilir enerji çıktısını ifade etmektedir. Bu aşamada mekânsal bağımlılığın araştırılmasının yanında büyümeyi etkileme gücüne sahip değişkenlerin belirlenmesi de hedeflenmiştir. Böylece modelin değişkenleri havuzlanmış en küçük kareler (EKK) yöntemiyle tahminlenmiştir. Modelin tahmin sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5. Havuzlanmış OLS tahmini**

Kişi başı milli gelir (Bağımlı değişken)	Katsayı	Standart Hata	t	P> t
Sabit	7,718249	0,1502348	51,37	0,000
Karbon salınımı	0,7926764	0,0692836	11,44	0,000
Yenilenebilir enerji çıktısı	-0,0026384	0,0337045	-0,08	0,938
AIC	455,5127			
BIC	466,0409			

Not: Gözlem sayısı= 247, F (2, 244): 65,79, Prob > F : 0,0000, R<sup>2</sup> : 0,3503, Düzeltilmiş R<sup>2</sup> : 0,3450

Büyümeyi etkileyen faktörlerin incelendiği havuzlanmış en küçük kareler (EKK) tahmin sonuçlarına göre karbon salınımının büyüme üzerinde yüksek oranda ve pozitif bir etkisinin varlığı görülmektedir. Fakat beklenenin aksine yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerinde negatif ve anlamsız bir etkisi bulunmaktadır. Buradaki yapılan tahminlerden ilişkinin yönü hakkında bir fikir edinmek güçtür. Fakat

<sup>5</sup> Arnavutluk, Bosna Hersek, Yunanistan, Macaristan, Kuzey Makedonya, Sırbistan, Karadağ, Bulgaristan, Moldova, Romanya, Hırvatistan, Slovenya ve Türkiye.

büyüme gerçekleştiğçe karbon salınımının artacağı ya da karbon salınımının artmasının büyümei artıracağı konuyla ilgili literatürde de belirtilmektedir.

Mekânsal etkileşimleri barındıran modeller panel veri modelleri için de kullanılabilir. Mekânsal panel modellerini; Mekânsal Otoregresif Model (SAR), Mekânsal Hata Modeli (SEM) ve Mekânsal Durbin Modelleri (SDM) şeklinde sıralayabiliriz. Öncelikle Mekânsal Durbin modeli Eşitlik 3'te sunulmuştur (Anselin, L., 1988).

$$Y_{it} = \mu + \rho WY_{it} + X_{1,it}\beta + WX_{1,it}\theta + X_{2,it}\delta + WX_{2,it}\lambda + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Burada  $Y_t$ ; her ülke için ( $i = 1, \dots, N$ ) kişi başına düşen GSYİH'dan oluşan  $N \times 1$  boyutlu vektördür.  $WY_t$  değişkeni; eş zamanlı içsel etkileşim etkisini  $\rho$  ise; mekânsal otoregresif katsayısı tanımlanmaktadır.  $W$ ; dışsal olarak belirlenmektedir ve ülkelerin mekânsal ilişkisini gösteren  $N \times N$  boyutlu mekânsal ağırlık matrisidir.  $X_{1,t}$  ve  $WX_{1,t}$ ,  $N \times K$  boyutlu matrislerdir ve kişi başına düşen GSYİH'yı etkilediği düşünölen  $K \times 1$  boyutlu vektörlerdeki  $\beta$  ve  $\theta$  tepki parametrelerine sahip karbon emisyonunu tanımlanmaktadır.  $X_{2,t}$  ve  $WX_{2,t}$ ,  $N \times K$  boyutlu matrislerdir ve kişi başına düşen GSYİH'yı etkilediği düşünölen  $K \times 1$  boyutlu vektörlerdeki  $\delta$  ve  $\lambda$  tepki parametrelerine sahip yenilenebilir enerji üretimini tanımlanmaktadır.  $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_N)$  bir vektördür ve tüm ölkelere ilişkin sabit etkileri ifade etmektedir. Son olarak  $\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{Nt})$  elemanları sıfır ortalama ve sonlu varyansa sahip bağımsız özdeş dağılılan hataların vektörüdür.

Mekânsal veri tipine göre, noktalara dayalı mekânsal modelleme ve alana dayalı mekânsal modelleme olmak üzere iki tür mekânsal modelleme vardır. Mekânsal Otoregresif model (SAR), alana dayalı mekânsal modellerden biridir. Mekânsal regresyon modeli, bağımsız değişkenler ( $X$ ) ile bağımlı değişken ( $Y$ ) arasındaki ilişkiyi, verilerin konum etkisini dahil ederek tanımlayabilir. Veriler üzerindeki konum etkilerinin katılımı ağırlıklarla temsil edilir. Mekânsal Otoregresif model (SAR) Eşitlik 4 kullanılarak oluşturulmuştur (Belotti ve diğçerleri, 2016: 3).

$$Y_{it} = \mu + \rho WY_{it} + X_{1,it}\beta + X_{2,it}\delta + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Burada  $\mu$ , sabit ekiler için tahmin edilecek parametrelerin bir vektörüdür. Rassal etkiler durumunda ise,  $\mu \sim N(0, \sigma_\mu^2)$  olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca temel varsayımlar;  $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon 2})$  ve  $E(\varepsilon_{it}\varepsilon_{js}) = 0$   $i \neq j$  ve/veya  $t \neq s$  için geçerlidir. Mekânsal hata modeli (SEM), mekânsal otokorelasyonlu hata terimlerine odaklanmaktadır. Ayrıca SAR modeline benzer şekilde SDM' nin özel bir durumu olarak ifade edilebilen SEM Eşitlik 5 - 8'de verilmiştir (Belotti ve diğçerleri, 2016: 3).

$$Y_{it} = \mu + X_{1,it}\beta + X_{2,it}\delta + \vartheta_{it} \quad (5)$$

$$\vartheta_{it} = \lambda W\vartheta_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$E(\varepsilon_{it}) = \sigma_2 \quad (7)$$

$$Var(\varepsilon_{it}) = \sigma_2 \quad (8)$$

Burada  $W\vartheta_{it}$  değişkeni, hata terimleri arasındaki eş zamanlı etkileşim etkilerini ifade etmektedir ve  $\lambda$  ise; mekânsal hata katsayısı olarak adlandırılmaktadır. Panel verilerde sabit etki (SE) ve rassal etki (RE) modellerinden öncelikle hangisinin tercih edilmesi gerektiği Hausman testi ile belirlenmektedir.

$H_0: E(\alpha_i|x_i) = 0$ , Rassal Etkiler Modeli

$H_1: E(\alpha_i|x_i) \neq 0$ , Sabit Etkiler Modeli

Sıfır hipotezi kabul edildiğinde rassal etki model ve alternatif hipotez kabul edildiğinde ise sabit etkili model tercih edilmelidir. Zira sıfır hipotezi altında rassal etki modelin verimliliği daha yüksektir (Sharma ve diğçerleri, 2019).

**Tablo 6. Model tahmin sonuçları**

Değişkenler	SDM-RE	SDM-FE	SAR-RE	SAR-FE	SEM-RE	SEM-FE
C	1,849865 (0,0000)	-----	1,592228 (0,0000)	-----	8,622437 (0,0000)	-----
Karbon salınımı	0,3103388 (0,0000)	0,3079999 (0,0000)	0,2736687 (0,0000)	0,2692883 (0,012)	0,3421089 (0,0000)	0,3393298 (0,0000)
Yenilenebilir enerji çıktısı	-0,064525 (0,0000)	-0,064701 (0,0000)	-0,069354 (0,0000)	-0,069353 (0,045)	-0,089856 (0,0000)	-0,089599 (0,002)
WX <sub>Karbon Salınımı</sub>	-0,318511 (0,0000)	-0,319671 (0,0000)	-----	-----	-----	-----
WX <sub>Yenilenebilir Enerji Çıktısı</sub>	0,137687 (0,0000)	0,1374688 (0,0000)	-----	-----	-----	-----
Mekânsal $\rho$	0,7652004 (0,0000)	0,769638 (0,0000)	0,7941109 (0,0000)	0,8000569 (0,0000)	-----	-----
Mekânsal $\lambda$	-----	-----	-----	-----	0,8423415 (0,0000)	0,8426025 (0,0000)
Variance sigma <sup>2</sup>	0,005833 (0,0000)	0,0055043 (0,0000)	0,0085044 (0,0000)	0,0084531 (0,0000)	0,0059399 (0,0000)	0,0059385 (0,0000)
R <sup>2</sup>	0,6090	0,6064	0,3173	0,3149	0,3019	0,3013
AIC	-406,0764	-475,7968	-315,72	-385,4882	-390,0461	-457,1442
BIC	-378,0013	-455,0649	-294,6637	-371,6669	-368,9897	-443,3229
Log-olabilirlik	211,0382	243,8984	163,8600	196,7441	201,0230	232,5721
Hausman	27,32 (0,0000)		13,92 (0,0030)		4,75 (0,1913)	

Not: Bağımlı değişken: Kişi Başı Milli Gelir

Yapılan analizde SDM, SAR ve SEM modellerinin karşılaştırması yapılmış ve bu modellerden hangisinin en uygun model olduğu AIC ve BIC değerleri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Bu kriterlerden en düşük AIC ve BIC değerine sahip olan SDM modelinin en uygun model olduğu görülmüştür. Bunun yanında log likelihood değeri olarak da en yüksek değere yine SDM modelinin sahip olması nedeniyle bu modelin uygunluğunu güçlendirmektedir. R<sup>2</sup> değerleri de aynı zamanda SDM modelini işaret etmektedir.

Analizdeki SDM modelinin seçiminden sonra mekânsal panel modellerinin sabit etki (SE) ve rassal etki (RE) modellerinden öncelikle hangisinin tercih edilmesi gerektiği Hausman testi ile belirlenmiştir. Bu teste göre H sıfır hipotezi reddedilmiş ve alternatif hipotez kabul edilmiş böylece SDM modelinde sabit etkilerin varlığı kanıtlanmıştır.

Burada mekânsal bağımlılık katsayısı parametresi (Rho), komşu gözlemler tarafından gözlemler üzerindeki ortalama etkiyi ölçerek, örnek verilerimizin doğasında bulunan komşuluk ilişkilerinden gelen mekânsal bağımlılığı yansıtmaktadır. Bu değerlerinde pozitif ve anlamlı olması büyümeyi etkileyen değişkenler dışında komşu ülkelerin etkisinin olduğunu göstermektedir. Buradaki katsayının yüksek olması etkinin de büyüklüğünü ifade etmektedir.

Büyümeyi etkileyen faktörler arasında karbon emisyonu değişkeninin büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı olarak 0,30 gibi büyük oranda etkisini analiz sonucunda görebilmekteyiz. Bu durum karbon emisyonunun artmasının büyümeye etkisinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Karbon emisyonu literatürde çoğunlukla sanayi üretiminin ve taşımacılığın kısacası ekonomik faaliyetlerin yüksekliğini temsil etmektedir. Bunun yanında yenilenebilir enerji üretiminin hem Havuzlanmış en küçük kareler (Pooled OLS) tahmininde hem de Mekansal Durbin modeli (SDM) tahmininde büyüme üzerinde negatif etkiye sahip olduğu görülmüştür. Fakat yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerindeki etkisi havuzlanmış OLS tahmininde istatistiksel olarak anlamsız çıkmasına rağmen SDM modelinde anlamlı çıkmıştır. Burada Balkan ülkeleri olarak yenilenebilir enerjinin büyümeye negatif etkisinin olması yenilenebilir enerjinin yeni gelişme aşamasında olmasından ve henüz bunun üretimdeki payının azlığından kaynaklanmasından bahsedilebilir (Menegaki, A., 2011). Burada ayrıca yenilenebilir enerji sektöründe yatırımların sınırlı olduğunu ve bunun da yenilenebilir enerji sektörünün yavaş yayılmasına yol açtığından da söz edilebilir (Azam ve diğerleri, 2021).

#### 4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Enerji, iktisadi faaliyetlerin en temel girdilerinden birisidir. İnsanoğlu tarih boyunca başkaca enerji kaynaklarından faydalandıktan sonra fosil yakıtların bulunması ile bu kaynağa yönelmiş, ancak bu kaynağın aşırı kullanımı çevresel bozulmalara neden olmuştur. Bu sebeple 1973 Enerji Krizi'nden sonra dünya yoğun olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Çevresel bozulmanın sebepleri farklı olsa da en büyük

etki enerji üretiminden gelmektedir. Fosil yakıtların çevresel bozulmalara neden olduğu bütün dünyaca yapılmış olan uluslararası iklim zirveleri ile tescil edilmesine ve acil olarak önlem alınması gerekliliğine rağmen enerji yelpazesinde fosil yakıtların ağırlığı devam etmiştir. Özellikle bir sebeple gelişimini tamamlayamamış ülkeler büyüme dinamiklerini devam ettirmek istemekte, gelişmiş ülkeler ise büyümelerinden taviz vermeye yanaşmamaktadırlar. Hem ülkelerin büyümelerini devam ettirecek hem de çevresel bozulmalara neden olmayacak enerji kaynağı ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Bu çalışmada Dünya Bankası veri tabanından elde edilen verilerle 12 Balkan ülkesi ve Türkiye'nin 1997-2018 aralığında karbon salınımı göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Yapılan çalışma ile hem Havuzlanmış OLS tahmininde hem de SDM tahmininde yenilenebilir enerji üretiminin büyüme üzerinde negatif etkiye sahip olduğu görülmüştür. Burada Balkan ülkeleri olarak yenilenebilir enerjinin büyümeye negatif etkisinin olması yenilenebilir enerjinin yeni gelişme aşamasında olmasından ve henüz bunun üretimdeki payının azlığından kaynaklanmasından bahsedilebilir. Ayrıca yenilenebilir enerji sektöründe yatırımların sınırlı olduğundan ve bunun da yenilenebilir enerji sektörünün yavaş yayılmasına yol açtığından da söz edilebilir. Çevresel felaketlerin sebebi ve karbon salınımlarının göstergesi olan CO<sub>2</sub> emisyonları her geçen gün artmaktadır. Ülkeler ve uluslararası kuruluşlar için bu kirlenmenin çözümü olarak ise yenilenebilir enerjilere geçiş görülmektedir. Ancak bu enerji kaynağına geçiş ile beraber büyüme dinamikleri de devam edecek midir? Yapılan çalışma ile yenilenebilir enerjilere geçmeye çalışan 12 Balkan ülkesi ve Türkiye'nin bu çabasının büyümelerini olumsuz etkilediğidir. Bu bakımdan bu sonuçların test edilmesi için diğer ülke ve coğrafyalara da benzer çalışmalar yapılması gerektiği açıktır. Fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjilere geçen ülkelerin de enerji yelpazelerini değiştirmede dikkatli olmaları gerektiği sonucu çıkarılabilir. Dünyada enerji talebi sürekli arttıkça enerji yelpazesinin sürekli genişletilip çevreye uyumlu enerji üretimi konusunda çalışmaların çoğalması gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmadan da anlaşıldığı üzere çalışma alanı değişince farklı sonuçlarla karşılaşılmaktadır. Dünya çapında yenilenebilir enerjilere geçiş büyük oranda talep görmesine rağmen özellikle bu enerji türünün kendi kısıtları dolayısıyla hızlı bir geçişin mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Bu sebeple coğrafyayı esas alan daha mikro ölçekli çalışmalarla hedefler daha öngörülebilir olmalıdır. Bu konuda ülkelerin ihtiyaçları göz önünde tutularak, bu alandaki olası riskler konusunda politika yapıcılara daha fazla ışık tutacak çalışmalara ihtiyaç vardır. Uygulamaya dönük olarak ülkeler en başta yenilenebilir enerjilerin teknolojisine daha fazla yatırım yapmalı, politika yapıcılar enerji verimliliği çalışmalarına daha fazla vurgu yapmalı, büyüme hedeflerini ötelemekten giderek daha az fosil yakıt, daha fazla çevre dostu enerji kullanımı teşvik edilmelidir. Üretim tesisleri daha kurulum aşamasında iken kendi enerjisini kendi üreten işletmeler halinde tasarlanmalı, enerji arzı ve güvenliğinden taviz vermeyen uygulamalar yapılmalıdır.

#### **Yazar Katkıları / Author Contributions**

*Ramazan Sayar: Metodoloji, Veri Derleme, Modelleme, Analiz, Makale Yazımı-orijinal taslak*  
*Yılmaz Onur Ari: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme*  
*Turgut Bayramoğlu: Makale Yazımı-orijinal taslak*  
*Ramazan Sayar: Methodology, Data Curation, Modelling, Analysis, Writing-original draft*  
*Yılmaz Onur Ari: Literature review, Conceptualization, Writing-review and editing*  
*Turgut Bayramoğlu: Writing-original draft*

#### **Çatışma Beyanı / Conflict of Interest**

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.  
*No potential conflict of interest was declared by the authors.*

#### **Fon Desteđi / Funding**

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.  
*Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.*

#### **Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards**

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.  
*It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.*

**Etik Beyanı / Ethical Statement**

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

*It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.*



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

*The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.*

**KAYNAKÇA**

- Acaravcı, A. ve Erdoğan, S. (2018). "Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş Ülkeler İçin Ampirik Bir Analiz", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), 53-64.
- Adedoyin, F.F., Ozturk, I., Agboola, M.O., Agboola, P.O. ve Bekun, F.V. (2021). "The implications of renewable and non-renewable energy generating in Sub-Saharan Africa: The role of economic policy uncertainties", *Energy Policy*, 150, 112115.
- Adu, D.T. ve Denkyirah. E.K. (2019). "Economic Growth and Environmental Pollution in West Africa: Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis", *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 40(2), 281-288.
- Anselin L. (1995). "Local Indicators of Spatial Association", *Geographic Analysis*, 27, 93-115.
- Anselin, L. (1988). "Spatial Econometrics: Methods and Models", Kluwer Academic Publishers.
- Apergis, N., Payne, J., Menyah, K. ve Wolde-Rufael, Y. (2010). "On the Causal Dynamics between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth", *Ecological Economics*, 69(11), 2255-2260.
- Azam, A., Rafiq, M., Shafique, M., Zhang, H., ve Yuan, J. (2021). "Analyzing the Effect of Natural Gas, Nuclear Energy and Renewable Energy on GDP and Carbon Emissions: A Multi-variate Panel Data Analysis", *Energy*, 219, 119592.
- Başar, S. ve Temurlenk, M.S. (2007). "Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama", *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 1-12.
- Batmaz, T., Bayraç, H.N. ve Güllü, M. (2019). "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Büyüme ve Karbon Emisyonu İlişkisi", *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 645-658.
- Bayramoğlu, T. (2016). "Biyokütle Enerjisi Isıtma Amaçlı Fosil Yakıtlara Alternatif Olabilir Mi? TRA1 Bölgesi Üzerine Tanımsal Bir Analiz", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25 (1) ,163-174.
- Bayramoğlu, T. (2018). "Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Etkileri: Bayburt Örneği", *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2018(1), 1-16.
- Bekun, F.V., Alola, A.A. ve Sarkodie, S.A. (2019). "Toward a Sustainable Environment: Nexus between CO<sub>2</sub> Emissions, Resource Rent, Renewable and Nonrenewable Energy in 16 EU Countries", *Science of the Total Environment*, 657, 1023-1029.
- Belotti, F., Hughes, G., ve Mortari, A.P. (2016). "Spatial panel data models using Stata", *CEIS Tor Vergata Research Paper Series*, 14(5), 255-271
- Bosker, M. (2007). "Growth, Agglomeration and Convergence: A Space-time Analysis for European Regions", *Spatial Economic Analysis*, 2, 91-100.
- Cliff, A. ve Ord, J.K. (1973). "Spatial Autocorrelation", Pion, London.
- Cliff, A. ve Ord, J.K. (1981). "Spatial Processes: Models and Applications", Pion, London.
- Destek, M.A., Ulucak, R. ve Dođan, E. (2018). "Analyzing the Environmental Kuznets Curve for the EU Countries: The Role of the Ecological Footprint", *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29387-29396.
- Dünya Bankası, (2021), <https://www.worldbank.org>, (Erişim Tarihi: 01.09.2022).
- EDGAR (2018). "Emissions Database for Global Atmospheric Research". <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=42>, (Erişim Tarihi: 30.09.2021).
- Elhorst, J.P. (2013). "Spatial Panel Models. Handbook of Regional Science", Springer, Berlin Heidelberg.
- Florea, N.M., Badircea, R.M., Pirvu, R.C., Manta, A.G., Doran, M.D. ve Jianu, E. (2020). "The Impact of Agriculture and Renewable Energy on Climate Change in Central and East European Countries", *Agricultural Economics*, 66, 444-457.
- Genç, M.C., Ekinci, A. ve Sakarya, B. (2021). "The Impact of Output Volatility on CO<sub>2</sub> Emissions in Turkey: Testing EK Hypothesis with Fourier Stationarity Test", *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
- Getis, A ve Ord, J.K. (1996). "Local Spatial Statistics: An Overview" (Editörler: Longley P., Batty M.), *Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment*, GeoInformation International, Cambridge, England.
- Grossman, G.M. ve Krueger, A.B. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement". NBER Working Paper 3914.
- Gumprecht, D. (2005). "Spatial Methods in Econometrics. An Application to R&D Spillovers", Research Report Series/Department of Statistics and Mathematics, 26.
- Güney, A. (2018). "Genişletilmiş Çevresel Kuznets Eğrisinin Türkiye için Yeniden Deđerlendirilmesi", *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 32(3), 745-761.
- Holtz-Eakin, D. ve Selden, T. (1995). "Stoking the Fires? CO<sub>2</sub> Emissions and Economic Growth", *Journal of Public Economics*, 57(1), 85-101.

- Katrakilidis, C., Kyritsis, I., ve Patsika, V. (2016). "The Dynamic Linkages between Economic Growth, Environmental Quality and Health in Greece", *Applied Economics Letters*, 23, 217-221.
- Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality", *The American Economic Review*, 45, 1-28.
- Levine N. (2004). "CrimeStat III: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations", Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC.
- Maddison, D. (2006). "Environmental Kuznets Curves: A Spatial Econometric Approach", *Journal of Environmental Economics and Management*, 51, 218-230.
- Mahjabeen Shah, S.Z.A., Chughtai, S. ve Simonetti, B. (2020). "Renewable Energy, Institutional Stability, Environment and Economic Growth Nexus of D-8 Countries", *Energy Strategy Reviews*, 29, 100484.
- Menegaki, A.N. (2011). "Growth and Renewable Energy in Europe: A Random Effect Model with Evidence for Neutrality Hypothesis", *Energy Economics*, 33(2), 257-263.
- Moran, P.A.P. (1950). "Notes on Continuous Stochastic Phenomena", *Biometrika*, 37(1-2), 17-23.
- Namahoro, J.P., Wu, Q., Zhou, N. ve Xue, S. (2021). "Impact of Energy Intensity, Renewable Energy, and Economic Growth on CO<sub>2</sub> Emissions: Evidence from Africa Across Regions and Income Levels", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111233.
- Nathaniel, S. ve Khan, S.A.R. (2020). "The Nexus between Urbanization, Renewable Energy, Trade, and Ecological Footprint in ASEAN Countries", *Journal of Cleaner Production*, 272, 122709.
- Our World in Data (2021). <https://ourworldindata.org/co2-emissions>, (Erişim Tarihi: 01.09.2021).
- Özpolat, A. ve Özsoy, F.N. (2021). "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Çevresel Bozulmayı Azaltıyor mu? Türkiye Örneği", *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(24), 49-60.
- Pabuçcu, H. ve Bayramoğlu, T. (2016). "Yapay Sinir Ağları İle CO<sub>2</sub> Emisyonu Tahmini: Türkiye Örneği", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 762-778.
- Pal, D. ve Mitra, S.K. (2017). "The Environmental Kuznets Curve for Carbon Dioxide in India and China: Growth and Pollution at Crossroad", *Journal of Policy Modeling*, 39(2), 371-385.
- Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H. ve Dong, K. (2019). "The Greenhouse Effect of the Agriculture-Economic Growth-Renewable Energy Nexus: Evidence from G20 countries", *Science of the Total Environment*, 671, 722-731.
- Radmehr, R., Henneberry, S.R. ve Shayanmehr, S. (2021). "Renewable Energy Consumption, CO<sub>2</sub> Emissions, and Economic Growth Nexus: A Simultaneity Spatial Modeling Analysis of EU Countries", *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, 13-27.
- Rasli, A.M., Qureshi, M.I., Isah-Chikaji, A., Zaman, K. ve Ahmad, M. (2018). "New Toxics, Race to the Bottom and Revised Environmental Kuznets Curve: The Case of Local and Global Pollutants", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 3120-3130.
- Saboori, B. ve Sulaiman, J. (2013). "CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Association of Southeast Asian Nations Countries: A Cointegration Approach", *Energy*, 55, 813-822.
- Seri, C. ve Fernandez, A. de Juan (2021). "The Relationship Between Economic Growth and Environment: Testing the EKC Hypothesis for Latin American Countries", Papers 2105.11405.
- Sharma, V., Roy, S., ve Choudhury, N. (2019). "FDI, Trade and Economic Growth: A Panel Approach to EU and BRICS", (Editörler: Chakrabarti, G., Sen, C.), *The Globalization Conundrum—Dark Clouds behind the Silver Lining Global Issues and Empirics*, Springer Nature, Singapore, 55-64.
- T.C. Dışişleri Bakanlığı (2021). [www.mfa.gov.tr](http://www.mfa.gov.tr), (Erişimi Tarihi: 30.09.2021).
- T.C. Dışişleri Bakanlığı Avrupa Birliği Başkanlığı (2021). [https://www.ab.gov.tr/fasil-15-enerji\\_80.html](https://www.ab.gov.tr/fasil-15-enerji_80.html), (Erişimi Tarihi: 30.09.2021).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2021). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararası-muzakereler>, (Erişimi Tarihi: 01.09.2022).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://enerji.gov.tr/enerji-verimlilik>, (Erişimi Tarihi: 01.09.2022).
- Tobler, W.R. (1970). "A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region", *Economic Geography*, 46(sup1), 234-240.
- Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. (2021), *Dünyada ve Türkiye'de Enerjinin Görünümü 2020*, <https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2020.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.09.2022).
- Ulucak, R. ve Bilgili, F. (2018). "A Reinvestigation of EKC Model by Ecological Footprint Measurement for High, Middle and Low Income Countries", *Journal of Cleaner Production*, 188, 144-157.
- Yurtkuran, S. (2021). "The Effect of Agriculture, Renewable Energy Production, and Globalization on CO<sub>2</sub> Emissions in Turkey: A Bootstrap ARDL Approach", *Renewable Energy*, 171, 1236-1245.

- Yücel, M.A. (2021). "Çevresel Sürdürülebilirliğin Deđerlendirilmesi: Dinamik Mekânsal Panel Veri Yaklaşımı", *Bilgi*, 23(1), 53-90.
- Zheng, X., Yu, Y., Wang, J., Deng, H. (2014). "Identifying the Determinants and Spatial Nexus of Provincial Carbon Intensity in China: A Dynamic Spatial Panel Approach", *Regional Environmental Change*, 14, 1651-1661.