



*Araştırma Makalesi • Research Article*

**En Çok Turist Çeken 30 Ülkede Turizm, GSYİH ve Yenilenebilir Enerjinin CO<sub>2</sub> Emisyonları Üzerindeki Etkisinin Araştırılması**

*Investigation of the Effect of Tourism, GDP and Renewable Energy on CO<sub>2</sub> Emissions in the 30 Top Tourist Attractive Countries*

Neslihan Akın Özdemir\*

**Öz:** Turizm, küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarının yaklaşık %5'ini üretmektedir. Turizm sektöründe öngörülen büyümenin ve bunun sonucunda ortaya çıkan emisyon artışının çevre ve sürdürülebilir turizm açısından önemli zorluklar oluşturması beklenmektedir. Bu nedenle turizm, GSYİH, enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonları arasındaki ilişkinin iyi anlaşılması, sürdürülebilir turizm ve sürdürülebilir kalkınma açısından çok önemlidir. Bu önem göz önüne alındığında, mevcut çalışma gelir, yenilenebilir enerji tüketimi ve turizm verilerine ulaşılabilen en çok ziyaret edilen 30 ülke için 2020 yılı verileri kullanılarak bahsedilen değişkenlerin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki potansiyel etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaca yönelik olarak aykırı değerlere karşı dirençli olan Robust Regresyon Analizi kullanılmıştır ve analiz R programlama dili kullanılarak uygulanmıştır. Robust Regresyon Analizinde CO<sub>2</sub> emisyonu bağımlı; kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla, gelen turist sayısı ve yenilenebilir enerji tüketimi bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Andora'nın aykırı değer olduğu belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> emisyonlarının kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla ile pozitif; yenilenebilir enerji tüketimi ile negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Tüm bu bağımsız değişkenler %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Gelen turist sayısı ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Ampirik kanıtlar yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasında önemli bir değişken olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** CO<sub>2</sub> emisyonu, turizm, yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme, Robust regresyon

**Abstract:** Tourism produces approximately 5% of global CO<sub>2</sub> emissions. The projected growth in the tourism sector and the resulting increase in emissions are expected to pose significant challenges for the environment and sustainable tourism. Therefore, a good understanding of the relationship between tourism, GDP, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions is very important for sustainable tourism and sustainable development. Considering this importance, the current study aims to analyze the potential effects of the mentioned variables on CO<sub>2</sub> emissions using 2020 data for the 30 most visited countries for which income, renewable energy consumption and tourism data are available. For this purpose, Robust Regression Analysis, which is robust to outlier observations, was used and the analysis was implemented using the R programming language. In Robust Regression Analysis, CO<sub>2</sub> emission is dependent variable; gross domestic product per capita, renewable energy

\*Öğr. Gör. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Alaplı Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü  
ORCID: 0000-0002-6577-2525 E-posta adresi: neslihan.aozdemir@beun.edu.tr

**Cite as/ Atıf:** Akın Özdemir, N. (2024). En çok turist çeken 30 ülkede turizm, GSYİH ve yenilenebilir enerjinin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkisinin araştırılması. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(2),659-672  
<http://dx.doi.org/10.18506/anemon.1479561>

**Received/Geliş:** 06 May /Mayıs 2024

**Accepted/Kabul:** 21 August/Ağustos 2024

**Published/Yayın:** 30 August/Ağustos 2024

consumption and the number of tourist arrivals were used as independent variables. According to the analysis results, it was determined that the Andorra was outlier. CO<sub>2</sub> emissions are positively related to gross domestic product per capita; It has been determined that there is a negative relationship with renewable energy consumption. All these independent variables were found to be statistically significant at the 5% significance level. No statistically significant relationship was found between the number of tourist arrivals and CO<sub>2</sub> emissions. Empirical evidence shows that renewable energy consumption is an important variable in reducing CO<sub>2</sub> emissions.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> emissions, tourism, renewable energy, economic growth, Robust regression

## Giriş

Turizm; ikamet yeri dışında, bir yılı aşmamak üzere eğlence, iş ve benzeri amaçlarla yapılan gezi olarak tanımlanabilir (Öztürk vd., 2022: 3083). Turizmin birçok ülke için önemli bir ekonomik faaliyet olduğu yaygın olarak kabul edilen bir gerçektir. Turizm, turistlerin mal ve hizmetler için yaptığı ödeme yoluyla ülke içi ekonomiye büyük katkı sağlar. Aynı zamanda kendisiyle ilişkili hizmet sektöründe de istihdam fırsatı yaratır. Bu fırsattan en çok yararlananlar ise ulaşım hizmetleri (taksiler, yolcu gemileri ve havayolları gibi), konaklama hizmetleri (oteller ve tatil köyleri gibi) ve eğlence mekanlarıdır (tiyatrolar, alışveriş merkezleri, eğlence parkları ve kumarhaneler gibi) (Sharif vd., 2017: 408). Turizm, artan turist dalgasını karşılamak için endüstriyel ve tarımsal üretimin genişlemesine, uluslararası ve iç ticaretin harekete geçirilmesine de neden olur.

Turizm endüstrisinin çok sayıda ekonomik faydasının yanında bu endüstrisinin hızlı gelişimine paralel olarak ulaşım, konaklama, yeme-içme, rekreasyon, turistik faaliyetler ve diğer destekleyici tesislerle ilişkili doğrudan fosil yakıtlar yoluyla veya dolaylı olarak elektrik enerjisi yoluyla önemli miktarda enerji tüketimine de yol açar. Bu durum da kaçınılmaz olarak enerji kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarına neden olmaktadır (Zha vd., 2018: 170; Doğan ve Aslan, 2017:239). Turizm, küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarının yaklaşık %5'ini üretmektedir. Ulaşım, sektörün emisyonlarının %75'ini oluştururken (%50'si hava taşımacılığından kaynaklanmaktadır), konaklama %22'sini, geri kalan %4'ünü ise turizmle ilgili diğer faaliyetler oluşturmaktadır. Turizm özellikle çevreyi kirleten bir faaliyet olarak görülmemekle birlikte, turizm faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların 2035 yılına kadar dört kattan fazla artacağı tahmin edilmektedir (Jiaqi vd., 2022: 26761). Beklenen bu denli bir artış endişe vericidir.

Turizmle ilişkili emisyonlar çevre ve iklim değişikliğine önemli ölçüde katkıda bulunurken, turizm endüstrisinde gelecekte öngörülen büyümenin ve bunun neticesinde ortaya çıkan emisyon artışının çevre yönetimi ve sürdürülebilir turizm açısından önemli zorluklar oluşturması beklenmektedir. Bu nedenle turizm, enerji tüketimi, GSYİH ve CO<sub>2</sub> emisyonları arasındaki bağlantının daha iyi anlaşılması, sürdürülebilir turizmi ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek açısından çok önemlidir (Selvanathan vd., 2020: 597). Öte yandan Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP,2008) turizmin çevre dostu teknoloji ve ulaşım kullanımını teşvik ederek çevre üzerinde önemli bir olumlu etki yarattığını belirtmiştir (Ali vd., 2020: 3002). Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın bu görüşünden yola çıkarak turizmin CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmasında kullanılabilecek bir araç olabileceği ifade edilebilir.

Yukarıda bahsedilen nedenlerle çalışmanın problemleri şu şekilde belirlenebilir:

- Türkiye'nin de içinde yer aldığı en çok turist çeken 30 ülke için gelir, yenilenebilir enerji tüketimi ve turizmin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkileri nelerdir?
- CO<sub>2</sub> emisyonlarını arttıran değişkenler mevcut ise bu değişkenlere yönelik olarak nasıl bir politikanın izlenmesi gerekmektedir?

Mevcut çalışma gelir, yenilenebilir enerji tüketimi ve turizm verilerine ulaşılabilen en çok ziyaret edilen 30 ülke (Andora, Avusturya, Çin, Hırvatistan, Danimarka, Fransa, Birleşik Arap Emirlikleri, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İtalya, Malezya, Meksika, Hollanda, Romanya, Rusya Federasyonu, İspanya, Türkiye, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri, Portekiz, Japonya, Endonezya, Güney Afrika, Vietnam, Belarus, Ukrayna, Letonya, Fas ve Dominik Cumhuriyeti) için bahsedilen değişkenlerin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki potansiyel etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaca

yönelik olarak aykırı değerlere karşı dirençli olan Robust Regresyon Analizi kullanılmıştır ve analiz R programlama dili kullanılarak uygulanmıştır.

Çalışmanın devamı şu şekilde düzenlenmiştir; ilerleyen bölümde konuyla ilgili literatüre değinilmiştir. Sonrasında çalışmanın yöntemi olan Robust Regresyon Analizinden bahsedilmiştir. Bir sonraki bölümde analiz sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmiş olup ve sonrasında da sonuç bölümüne yer verilmiştir.

### Literatür

Turizm, yenilenebilir enerji ve kişi başına gayri safi yurtiçi hasılanın CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkisi konusunda görüşler literatürde bölünmüş durumdadır. Birtakım çalışmalar bahsedilen değişkenlerin CO<sub>2</sub> emisyonunu artırdığını fikrini desteklerken bazı çalışmalar ise turizm, yenilenebilir enerji ve kişi başına gayri safi yurtiçi hasılanın karbondioksit emisyonunu negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Bazı çalışmalar da ise turizmin karbondioksit emisyonunu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Aşağıda farklı görüşlerin oluşmasına yol açan farklı ülke örneklerine yönelik olarak yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Lee ve Brahmasrene (2013) turizm, doğrudan yabancı yatırımları, CO<sub>2</sub> emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki uzun vadeli ilişkiyi incelemek için Avrupa Birliği ülkelerinin 1988-2009 dönemini kapsayan panel verilerini kullanarak birim kök ve eşbütünleşme testleri yapılmışlardır. Panel eşbütünleşme teknikleri ve sabit etkiler modellerinden elde edilen bulgular, bu değişkenler arasında uzun vadeli bir denge ilişkisinin bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca turizm, doğrudan yabancı yatırımı ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının ekonomik büyüme üzerinde oldukça anlamlı pozitif etkisi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ekonomik büyümenin, CO<sub>2</sub> emisyonlarını pozitif yönde etkilediği; doğrudan yabancı yatırımı ve turizmin ise, CO<sub>2</sub> emisyonlarını negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bahsedilen etkilerin önemli düzeyde olduğu belirtilmiştir.

Katırcıoğlu vd. (2014), enerji tüketimi, uluslararası turizm ve karbondioksit emisyonları arasındaki uzun vadeli ilişkiyi ve bu değişkenler arasındaki nedenselliğin yönünü Kıbrıs özelinde araştırmışlardır. Uluslararası turizmin enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonları ile uzun vadeli bir denge ilişkisi içinde olduğunu ortaya koymuştur; uluslararası turist gelişlerinin enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonları üzerinde pozitif etkileri olduğu görülmüştür. Son olarak, turizmin Kıbrıs'ta enerji tüketimi ve karbondioksit emisyon düzeyindeki artış için bir katalizör olduğu koşullu Granger nedensellik testlerinden elde edilen en önemli bulgu olarak belirlenmiştir.

Leon vd. (2014), CO<sub>2</sub> emisyonları ile turizm arasındaki ilişkiye hem gelişmiş hem de az gelişmiş ülkeler bağlamında dikkate almışlardır. Çalışmada 1998-2006 dönemi için gelişmiş ve az gelişmiş ülkelerin dengeli panel verilerine uygulanan STIRPAT yaklaşımı kullanılmıştır. Sonuçlar, turizmin gelişmiş ve az gelişmiş ülkelerde CO<sub>2</sub> emisyonlarına önemli ölçüde pozitif yönde katkıda bulunduğunu göstermiştir. Ancak gelişmiş ülkelerdeki etki az gelişmiş ülkelere göre daha büyük olarak gerçekleşmiştir.

Sharif vd. (2017) çalışmalarında, 1972'den 2013'e kadar olan döneme ait yıllık zaman serisi verilerini kullanarak, CO<sub>2</sub> emisyonu ile Pakistan'a turist gelişleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Johansen ve Juselius (1990), eşbütünleşmeye yönelik gecikmesi dağıtılmış otoregresif model (ARDL) sınır testi yaklaşımı ve yapısal kırılmaların varlığına karşı dayanıklı olan Gregory ve Hansen (1996) eşbütünleşme yöntemi, CO<sub>2</sub> emisyonu ile turist gelişleri arasında anlamlı, uzun vadeli bir ilişkinin var olduğunu göstermiştir. Varyans ayrıştırma yönteminin sonuçları ise, CO<sub>2</sub> emisyonu ile turist gelişleri arasında turist gelişlerinden CO<sub>2</sub> emisyonuna doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu göstermiştir.

Shakouri vd. (2017), turizm, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO<sub>2</sub> emisyonları arasındaki uzun vadeli ilişkiyi Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi doğrultusunda test etmek için seçilen Asya-Pasifik ülkelerinin 1995-2013 yılları arasındaki panel verilerini kullanmıştır. Turist gelişlerinin uzun vadede karbondioksit emisyon seviyeleri üzerinde önemli olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Granger

nedensellik testi sonuçlarına göre Asya-Pasifik ülkeleri için enerji tüketiminden turist gelişlerine ve CO<sub>2</sub> emisyonlarından turist gelişlerine doğru tek yönlü nedenselliğin olduğu tespit edilmiştir.

Doğan ve Aslan (2017) AB ve aday ülkeler için 1995-2011 dönemi özelinde karbon emisyonları, reel gelir, enerji tüketimi ve turizm arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Sabit etkilerle Olağan En Küçük Kareler (OLS), Modifiye Edilmiş Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS), Dinamik Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi (DOLS) ve grup ortalama tahmin edicisinden elde edilen sonuçlar, enerji tüketiminin emisyon seviyesine katkıda bulunduğunu, reel gelir ve turizmin ise CO<sub>2</sub> emisyonlarını azalttığını ortaya koymuştur. Emirmahmutoğlu-Köse panel Granger nedensellik testi sonuçlarına göre turizmden karbon emisyonlarına doğru tek; reel gelir ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında ve enerji tüketimi ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında ise çift yönlü nedensellik olduğunu göstermiştir.

Azam vd. (2018) 1990-2014 dönemi için Malezya, Tayland ve Singapur'a turist gelişlerinin karbondioksit emisyonlarından kaynaklanan çevre kirliliğine etkisini incelemişlerdir Çok değişkenli modelde enerji tüketimi ve gelir gibi diğer bazı regresörler de kullanılmıştır. Zivote-Andrews testi verilerdeki birim kökün ve yapısal kırılmanın varlığının belirlenmesi için kullanılmıştır. FMOLS bilinmeyen parametrelerin tahmini için analitik bir teknik olarak kullanılmıştır. Ampirik sonuçlar Singapur ve Tayland'da turizm ile çevre kirliliği arasındaki ilişkinin negatif olduğunu gösterirken; Malezya'da ise turizmin çevre kirliliği üzerinde önemli olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Eyüboğlu ve Uzar (2020) çalışmalarında Türkiye'de turist gelişleri, enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri 1960-2014 dönemi için analiz etmişlerdir. Çalışmada değişkenler arasındaki uzun vadeli ilişkiyi analiz etmek için üç eşbütünleşme testi (Bayer ve Hanck, Fourier ADL ve ARDL) kullanılmıştır. Sonuçlar turizm, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin hem kısa hem de uzun vadede CO<sub>2</sub>'yi olumlu etkilediğini göstermiştir. Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) analiz sonuçları turizm, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonlarının nedenleri olduğunu göstermiştir.

Leitao ve Lorente (2020) Avrupa Birliği'nde ekonomik büyüme, turist gelişleri, ticari açıklık, yenilenebilir enerji ve karbondioksit emisyonları arasındaki ilişkiyi FMOLS, DOLS ve genelleştirilmiş momentler yöntemlerini kullanarak araştırmışlardır. Ekonometrik sonuçlara göre, ticari açıklık ve yenilenebilir enerji iklim değişikliğini ve çevresel bozulmayı negatif yönde etkilemektedir. Aynı zamanda ekonomik büyümenin karbondioksit emisyonları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu da tespit edilmiştir. Ayrıca, turist gelişlerinin karbondioksit emisyonları üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Koçak vd. (2020) en çok ziyaret edilen ülkelerdeki turizm gelişmelerinin (turist gelişleri ve turizm gelirleri) CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkisini, 1995-2014 dönemi için incelenmişlerdir. Ampirik sonuçlar, turist gelişlerinin CO<sub>2</sub> emisyonlarını pozitif yönde etkilediği, turizm gelirlerinin ise CO<sub>2</sub> emisyonlarını üzerinde negatif bir etkisi olduğu belirlenmiştir.

Arı (2021) Türkiye için turizm, yenilenebilir enerji ve GSYH'nın CO<sub>2</sub> üzerindeki etkisi araştırdığı çalışmada FMOLS yöntemini kullanmıştır. Bu yöntem sonucunda elde edilen bulgulara göre yenilenebilir enerji ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki negatif iken; turizm sektöründeki gelişmelerin ise CO<sub>2</sub> üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca GSYH'nın CO<sub>2</sub> emisyonu ve turizm sektörü ile arasındaki ilişki pozitif yönlü olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan CO<sub>2</sub>'nin, turizm üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır.

Yıldırım vd. (2021) Akdeniz ülkeleri için turist gelişleri ve turizm gelirlerinin karbon emisyonları üzerindeki etkilerini test etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada Arnavutluk, Yunanistan, Mısır, Hırvatistan, Fas, Cezayir, Kıbrıs, , Fransa, İsrail, Lübnan, İtalya, İspanya, Tunus, Bosna Hersek ve Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 15 Akdeniz ülkesi dikkate alınmıştır. Ampirik analiz için 2001-2017 arasındaki dönemi kapsayan yıllık veriler kullanılmıştır. Çalışmada Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi test edilmiştir. Sonuçlar, turist gelişlerinin ve turizm gelirlerinin karbon emisyonlarını azalttığını göstermiştir. Ancak bu etki, kişi başına düşen gelirin rejim değişkeni olarak dikkate alındığı denklemler için farklılık göstermiştir. Böylece turist gelişlerinin EKC hipotezi kapsamında karbon

emisyonusunu belirli bir eşiğe kadar arttırdığı; bu seviyenin üzerinde ise karbon emisyonunu azalttığı tespit edilmiştir.

Jiaqi vd. (2022) turizmin çevre kirliliği üzerindeki mekansal etkisini araştırmak için, en çok turist çeken 70 ülkeye ait 2000-2017 dönemi verilerini mekansal ekonometrik yöntem kullanılarak analiz etmişlerdir. Turizmin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki doğrudan etkisi, dolaylı etkisi ve genel etkisi, Genel Yuvalanmış Mekânsal Model (GNS) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Bulgular, turizmin doğrudan olumlu, dolaylı olumsuz etkisinin olduğunu; her iki etkinin de %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Turizmin olumsuz dolaylı etkisinin doğrudan olumlu etkisinden daha büyük olduğu ve bu da genel olarak önemli ölçüde olumsuz bir etki anlamına geldiği belirtilmiştir. Ayrıca, finansal gelişme ve CO<sub>2</sub> emisyonları sonuçlarından doğrudan ve dolaylı etkiler açısından ters U şeklinde ve U şeklinde bir ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir. Nüfus yoğunluğu, ticari açıklık ve ekonomik büyümenin de çevre kirliliğini önemli ölçüde etkilediği elde edilen bulgulardandır.

Rahaman vd. (2022), 1990-2019 dönemi için Bangladeş'teki doğrudan yabancı yatırımının, turizmin, ekonomik kalkınmanın ve elektrik tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Ampirik sonuçlar, doğrudan yabancı yatırımı, ekonomik kalkınma ve elektrik tüketimi değişkenlerinin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde uzun vadeli olumlu ve önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Turizmin ise uzun vadeli etkisi negatif olarak tespit edilmiştir. GSYİH değişkeninin karesinin önemli bir negatif katsayıya sahip olduğu bunun da Bangladeş'te ekonomik kalkınma ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu gösterdiğini ifade edilmiştir. Kısa vadede elektrik tüketiminin, ekonomik kalkınmanın, GSYİH<sup>2</sup>'nin ve turizmin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerinde önemli bir etkisi olmadığını yalnızca doğrudan yabancı yatırım değişkeninin katsayısının negatif ve anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Kutlu (2023) çalışmasında dünyada en fazla turist çeken 10 ülke için ekonomik büyüme ve turizmin CO<sub>2</sub> üzerindeki etkisini 1992-2020 dönemini dikkate alarak panel veri analizi yöntemiyle incelemiştir. Gayri safi yurtiçi hasıla, CO<sub>2</sub> ve turizm gelirleri arasında uzun dönemli bir ilişki eşbütünlük testi sonuçlarına göre tespit edilmiştir. FMOLS ve DOLS yöntemlerinden elde edilen sonuçlara göre turizm gelirlerinin ve turist sayılarının CO<sub>2</sub> emisyonu üzerindeki etkisi negatif bulunurken gayri safi yurtiçi hasılanın etkisi ise pozitif bulunmuştur.

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, Avrupa Birliği'ne üye ülkelere, farklı ülke ya da ülke gruplarına yönelik olarak turizm, yenilenebilir enerji ve kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkileri belirlemeye yönelik farklı dönemler ve farklı yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar bulunmasına rağmen turistlerin tercihi önemli destinasyonlara yönelik yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. (Satrovic ve Muslija (2019); Koçak vd. (2020); Jiaqi vd (2022); Saritaş ve Akar (2022); Yurtkuran (2022); Kutlu (2023); Razzaq vd. (2023)). Ancak literatürde Türkiye'nin de içinde yer aldığı en çok turist çeken 30 ülkeyi içine alan turizm, yenilenebilir enerji ve kişi başına gayri safi yurtiçi hasılayla CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkileri belirlemek için Robust Regresyon analizinin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Mevcut çalışmanın bu yönleri ile literatürdeki boşluğu doldurması ve literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

## Yöntem

Aykırı değerler, gözlemlerin çoğunluğu tarafından meydana getirilen deseni veya gruplamayı bozan gözlemlerdir. Aykırı değerler örnekleme hatası, ölçüm hatası, kayıt hatası gibi birçok faktörden kaynaklanabilirler. İstatistikte kullanılan en popüler klasik parametrik regresyon tekniği, artıkların kareleri toplamının en aza indirilmesine dayanan OLS yöntemidir. En küçük kareler yöntemi genellikle regresyon analizinde hataların normalliği gibi belirli varsayımlara dayalı olarak parametreleri tahmin etmek için kullanılır. Bu yöntem aykırı değerlere karşı hassastır. Verilerdeki aykırı değerler, en küçük kareler regresyon yöntemini etkiler. En küçük kareler yönetiminde tek bir aykırı değer bile tüm regresyon doğrusunu çarpıtarak ve güvenilmez parametre tahminleri üreterek önemli bir etkiye sahip olabilir. Sonuç olarak, veri kümesinde aykırı bir değer mevcut olduğunda sonuçlar güvenilir değildir. Bu nedenle, aykırı değerleri belirlemek ve modelleme sürecinde aykırı değerlerin kabul edilip

edilmeyeceğine karar verilmesi gerekmektedir. Aykırı değerleri tanımlamak ve veri setinden çıkarmak için tanimsal yaklaşımlar kullanılabilir (Moller vd., 2005: 549; Pervez ve Ali, 2022: 679, Zaman vd., 2024 :3). Ancak aykırı gözlemlerin sayısı birden fazla olduğunda bu tanimsal yaklaşımlar güvenilir sonuçlar vermeyebilirler.

Eğer veri seti birden fazla aykırı değer içeriyorsa bu tür gözlemlerin tanımlanması daha da zordur. Bunun nedeni maskeleye ve süpürme etkilerinden kaynaklanmaktadır. Maskeleye etkisi, bir aykırı değer başkası bir aykırı değer ya da değerler nedeniyle tespit edilememesi durumunda meydana gelir. Süpürme etkisi ise aykırı olmayan bir değer başkası bir aykırı değer ya da değerler nedeniyle yanlışlıkla aykırı değer olarak tanımlanması durumunda ortaya çıkar. Bahsedilen nedenlerden dolayı robust teknikler kullanılmalıdır. Robust regresyon yöntemi, karmaşık verilerde bile aykırı değerleri tespit etmekte ve etkin sonuçlar elde etmekte kullanılmaktadır (Hadi ve Simonoff, 1993: 1264). Literatürde Robust regresyon analizinde kullanılabilir çok sayıda robust tahminci önerilmiştir.

Aykırı değerlerin etkisini azaltmak için M tahmincileri (Huber, 1981), S tahmincileri (Rousseeuw-Yohai, 1984) veya MM tahmincileri (Yohai, 1987) gibi literatürde çeşitli öneriler sunulmuştur (Perez Garrido, 2023: 3). MM tahmin edicileri ilk olarak Yohai (1987) tarafından tanıtılmıştır ve en yaygın olarak kullanılan robust tahmin edicilerinden biri olarak yaygınlaşmaya başlamıştır. MM regresyonunun avantajı, aykırı değerlerin otomatik olarak tespit edilmesi ve bu aykırı değerlerin tahminler üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olacak şekilde ağırlıklarının azaltılmasıdır. Tahmincilerin aykırı değerlere karşı dayanıklılığı değerlendirmek için iki yararlı araç, kırılma noktası ve etki fonksiyonudur. Kırılma noktası, bir tahmincinin anlamsız sonuçlar vermeden önce tolere edebileceği bir örnekteki aykırı değerlerin maksimum oranıdır. Etki fonksiyonu ise bir tahmincinin aykırı değerlere karşı ne kadar hassas olduğunu gösterir. MM tahmincisi üç aşamalı sürece dayanan bir tür robust regresyon aracıdır (Shahzad vd., 2020: 6; Maronna vd., 2019:128; Degenfellner ve Templ 2024: 5; Barreno vd., 2008: 23). Süreç aşağıda açıklanan adımlarla gerçekleşir:

- Başlangıçta, yüksek kırılma noktasına sahip tutarlı bir başlangıç tahmincisi ile  $\hat{\beta}_0$  hesaplanır.
- İkinci olarak, başlangıçtaki tutarlı tahmine dayalı olarak artıkların  $(r_i(\hat{\beta}_0))$  yayılımı  $(\hat{\sigma})$  robust bir M-tahmini ile hesaplanır.
- $\hat{\beta}_0$  'dan başlayan yinelemeli bir prosedür kullanarak  $\sum_{i=1}^n \rho\left(\frac{r_i(\hat{\beta})}{\hat{\sigma}}\right) = \min$  denkleminin  $\hat{\beta}$  çözümü bulunur.

MM tahmincileri hem yüksek kırılma noktası hem de yüksek etkinliği sağlamayı esas alır. Bu yaklaşımın kırılma noktası 0.5 ve normal dağılan bir veride asimptotik etkinliği OLS'ye göre yaklaşık olarak %95'tir (Yorulmaz, 2016: 66). MM tahmincileri bu özellikleri nedeniyle tercih edilen bir tahmincidir.

### Bulgular

Çalışmanın temel amacı en çok turist çeken 30 ülke (Andora, Avusturya, Çin, Hırvatistan, Danimarka, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İtalya, Malezya, Meksika, Hollanda, Romanya, Rusya Federasyonu, İspanya, Türkiye, Birleşik Arap Emirlikleri, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri, Portekiz, Japonya, Endonezya, Güney Afrika, Vietnam, Belarus, Ukrayna, Letonya, Fas ve Dominik Cumhuriyeti) için gelir, yenilenebilir enerji tüketimi ve turizmin CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki potansiyel etkisinin analiz edilmesidir. Bu amaca yönelik olarak aykırı değerlere karşı dirençli olan Robust Regresyon Analizi kullanılmıştır ve analiz R programlama dili kullanılarak uygulanmıştır. İlgili veri seti Dünya Bankası'ndan sağlanmış olup 2020 yılını içermektedir (<https://data.worldbank.org/>). Çalışmada kullanılan değişkenlere Tablo 1'de yer verilmiştir.

**Tablo 1.** Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Değişken	Değişken Tanımı	Değişken Kaynağı
<b>Carb</b>	Kişi başına CO <sub>2</sub> emisyonu (metrik ton)	Dünya Bankası
<b>Gdp</b>	Kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla (Euro)	Dünya Bankası
<b>Renewen</b>	Yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketiminin yüzdesi)	Dünya Bankası
<b>Tour</b>	Gelen turist sayısı (1000 kişi)	Dünya Bankası

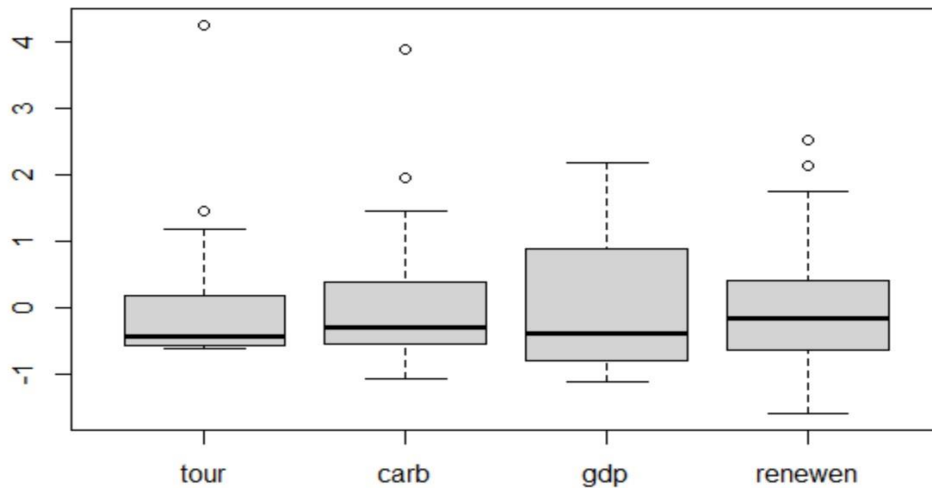
Robust Regresyon Analizinde carb (kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonu (metrik ton)) bağımlı; gdp (kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla (Euro)), renewen (yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketiminin yüzdesi)) ve tour (gelen turist sayısı (1000 kişi)) bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan değişkenlere ait özet istatistiklere Tablo 2’de yer verilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenlerin ölçek farklılıkları nedeni ile değişkenler standartlaştırılmış ve sonrasında kutu diyagramları çizilmiştir. Elde edilen kutu diyagramlarına ise Şekil 1’de yer verilmiştir.

**Tablo 2.** Değişkenlere Ait Betimleyici İstatistikler

Değişkenler/ Betimleyici İstatistikler	Minimum	Maksimum	Ortalama	Medyan	Standart Sapma
<b>tour</b>	2748000	117109000	17382413	7335500	23419882
<b>carb</b>	20.25227	1.818526	5.838492	4.711805	3.707436199
<b>gdp</b>	63528.63	1450.905	22438.25	15197.76	18806.1003
<b>rewen</b>	43.75	0.92	17.597	15.75	10.38257099

Tablo 2’de görüldüğü üzere değişkenlerin ortalama ve medyan değerleri arasında farklılıklar mevcuttur. Bu durum aykırı gözlem varlığı konusunda şüphe uyandırmaktadır. Şekil 1 duyulan bu şüpheyi doğrular niteliktedir.,

**Şekil 1.** Kutu Diyagramı

Regresyon denklemi katsayıları hem yüksek kırılma noktasına hem de yüksek etkinliğe sahip MM tahmincisi ile elde edilmiştir. İlgili literatür incelemesine dayanarak, çalışmanın temel modeli aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

$$carb = \beta_0 + \beta_1 tour + \beta_2 gdp + \beta_3 renewen + \epsilon$$

Değişkenlerin ölçek farklılıklarının bulunması nedeni ile her bir değişkenin logaritması alındıktan sonra modele dahil edilmiştir. Elde edilen bulgulara Tablo 3’de yer verilmiştir.

**Tablo 3. Robust Regresyon Analizi Sonuçları**

Katsayılar				
	$\beta$ Katsayısı	Standart Hata	t değeri	p
Sabit	0.16422	0.70230	0.234	0.8169
Tour	-0.02307	0.09040	-0.255	0.8006
Gdp	0.28750	0.13245	2.171	0.0393 *
Renewen	-0.43661	0.04417	-9.884	2.7e-10 ***
‘***’, ‘**’, ‘*’ işaretleri sırasıyla 0.001, 0.01 ve 0.05 düzeylerinde anlamlı olduğunu göstermektedir.				
Dayanıklı artık standart hata: 0.1281				
R <sup>2</sup> : 0.6347, Düzeltilmiş R <sup>2</sup> : 0.5926				
29 IRWLS yinelemesinde yakınsama				

Elde edilen bulgulara göre gelen turist sayısı ile kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki istatistiksel olarak anlamlı değildir. Elde edilen bu bulgu Arzu (2021)’in çalışmasından elde ettiği sonuçları desteklemektedir.

Kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla ile kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki pozitif yönlüdür ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. 1. ve 3. bağımsız değişkenler sabitken (analize girip çıktıktan sonra) kişi başına gayri safi yurtiçi hasıladaki %1’lik bir artış kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonunu % 0.28750 arttırmaktadır.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki negatif yönlüdür ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. 1. ve 2. bağımsız değişkenler sabitken (analize girip çıktıktan sonra) yenilenebilir enerji tüketimindeki %1’lik bir artış kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonunu % 0.43661 azaltmaktadır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde gelen turist sayısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle model bağımsız değişken olarak kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri kullanılarak yeniden kurulmuş ve elde edilen sonuçlara Tablo 4’te yer verilmiştir.

**Tablo 4. Robust Regresyon Analizi Sonuçları**

Katsayılar				
	$\beta$ Katsayısı	Standart Hata	t değeri	p
Sabit	0.08317	0.53119	0.157	0.8767
Gdp	0.26895	0.12438	2.162	0.0396 *
Renewen	-0.43702	0.04421	-9.884	1.82e-10 ***
‘***’, ‘**’, ‘*’ işaretleri sırasıyla 0.001, 0.01 ve 0.05 düzeylerinde anlamlı olduğunu göstermektedir.				
Dayanıklı artık standart hata: 0.1361				
R <sup>2</sup> : 0.6159, Düzeltilmiş R <sup>2</sup> : 0.5874				
25 IRWLS yinelemesinde yakınsama				

Kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla ile kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki pozitif yönlüdür ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. 2. bağımsız değişken sabitken (analize girip çıktıktan sonra) kişi başına gayri safi yurtiçi hasıladaki %1’lik bir artış kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonunu % 0.26895 arttırmaktadır.



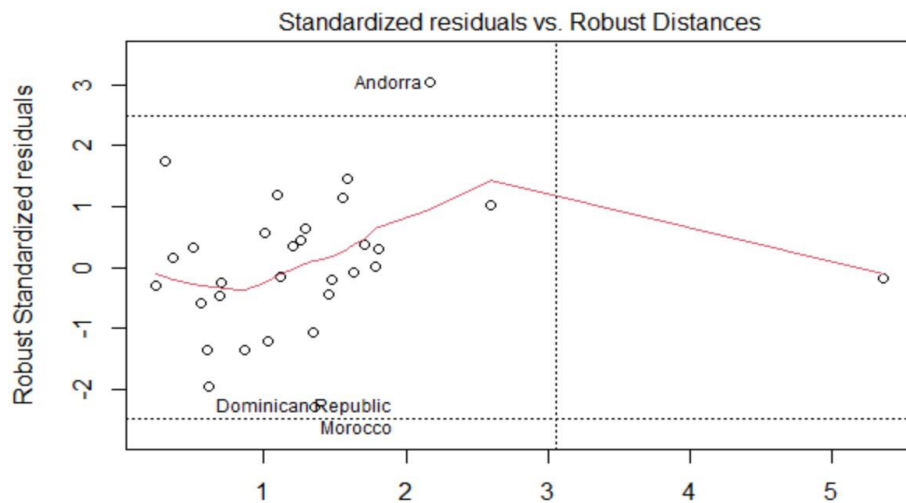
Yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki negatif yönlüdür ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. 1. bağımsız değişken sabitken (analize girip çıktıktan sonra) yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik bir artış kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonunu % 0.43702 azaltmaktadır.

Literatürde yer alan benzer çalışmaların bulguları ile mevcut çalışmanın bulguları şu şekilde kıyaslanabilir:

Kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla ile kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki pozitif yönlü olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgu Menyah ve Wolde-Rufael (2010), Leon vd. (2014), Shakouri vd. (2017), Azam vd. (2018) Malezya ve Singapur sonuçlarıyla, Koçak vd. (2020), Leitao ve Lorente (2020), Yıldırım vd. (2021), Rahaman vd. (2022) uzun dönem sonuçlarıyla ve Kutlu (2023) çalışmalarından elde ettikleri sonuçları desteklemektedir. Bununla beraber Doğan ve Aslan (2017), Azam vd. (2018) Tayland sonuçlarıyla, Jiaqi vd. (2022), Rahaman vd. (2022) kısa dönem sonuçlarıyla uyumlu değildir.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişki negatif yönlü olarak tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılmasında etkili olduğu söylenebilir. Elde edilen bu bulgu Bilgili vd. (2016), Bhattacharya vd. (2017), Leitao ve Lorente (2020), Jiaqi vd. (2022), Islami vd. (2022), Sun vd. (2022), Gieratowska vd. (2022) ve Mirziyoyeva ve Salahodjaev (2023), çalışmalarından elde ettikleri sonuçları desteklemektedir. Bununla beraber Apergis vd. (2010) ve Menyah ve Wolde-Rufael (2010) sonuçlarıyla uyumlu değildir.

Elde edilen bulgular dikkate alındığında CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasında yenilenebilir enerji tüketiminin önemi üzerinde durulmalıdır.



Şekil 2. Aykırı Değerlerin Belirlenmesi

Modele ilişkin olarak elde edilen Şekil 2 incelendiğinde Andorra'nın aykırı değer olduğu belirlenmiştir.

### Sonuç

Mevcut çalışmada; kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla, yenilenebilir enerji tüketimi ve gelen turist sayısının CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki potansiyel etkisi en çok turist çeken 30 ülke için 2020 verileri kullanılarak Robust Regresyon Analizi ile tespit edilmesi hedeflenmiştir.

Robust Regresyon Analizinde CO<sub>2</sub> emisyonu bağımlı; kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla, yenilenebilir enerji tüketimi ve gelen turist sayısı bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Değişkenlerin ölçek farklılıkları nedeniyle değişkenlerin logaritmaları alındıktan sonra modele dahil edilmişlerdir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre Andora'nın aykırı değer olduğu belirlenmiştir. Kişi başına gayri safi yurtiçi hasılanın CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki artışa katkıda bulunduğu; yenilenebilir enerji tüketiminin ise CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunduğunu tespit edilmiştir. Gelen turist sayısı ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Ampirik kanıtlar, yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasında önemli bir etken olduğunu göstermektedir. CO<sub>2</sub> emisyon değeri yüksek ülkeler bu değışkene yönelik politikalar üretmelidirler.

Yenilenebilir enerji tüketiminin CO<sub>2</sub> emisyonunu azalttığı dikkate alındığında hidroelektrik, rüzgar, güneş enerjisi ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve bu kaynakların toplam enerji tüketimi içerisindeki payı artırılarak çevreye katkı sağlanabilir.

Gelen turist sayısına ilişkin yayınlanan son verinin 2020 yılına ait olması dolayısıyla diğer değışkenler için de 2020 yılının verilerinin kullanılması mevcut çalışmanın sınırlılığı olarak ifade edilebilir.

### Kaynakça

- Ali, W., Sadiq, F., Kumail, T., Li, H., Zahid, M., & Sohag, K. (2020). A cointegration analysis of structural change, international tourism and energy consumption on CO<sub>2</sub> emission in Pakistan. *Current Issues in Tourism*, 23(23), 3001-3015.
- Arı, A. (2021). Yenilenebilir enerji, turizm, CO<sub>2</sub> ve GSYH ilişkisinin Türkiye için analizi. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 12(2), 192-205.
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, 69(11), 2255-2260.
- Azam, M., Alam, M. M., & Hafeez, M. H. (2018). Effect of tourism on environmental pollution: Further evidence from Malaysia, Singapore and Thailand. *Journal of cleaner production*, 190, 330-338.
- Barreno, M., Bartlett, P. L., Chi, F. J., Joseph, A. D., Nelson, B., Rubinstein, B. I., ... & Tygar, J. D. (2008, October). Open problems in the security of learning. In *Proceedings of the 1st ACM workshop on Workshop on AISeC* (pp. 19-26).
- Bhattacharya, M., Churchill, S. A., & Paramati, S. R. (2017). The dynamic impact of renewable energy and institutions on economic output and CO<sub>2</sub> emissions across regions. *Renewable Energy*, 111, 157-167.
- Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO<sub>2</sub> emissions: a revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845.
- Degenfellner, J., & Templ, M. (2024). Modeling bee hive dynamics: Assessing colony health using hive weight and environmental parameters. *Computers and Electronics in Agriculture*, 218, 108742.
- Doğan, E., & Aslan, A. (2017). Exploring the relationship among CO<sub>2</sub> emissions, real GDP, energy consumption and tourism in the EU and candidate countries: Evidence from panel models robust to heterogeneity and cross-sectional dependence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 239-245.
- Dritsakis, N., & Athanasiadis, S. (2000). An econometric model of tourist demand: The case of Greece. *Journal of hospitality & leisure marketing*, 7(2), 39-49.
- Eyüboğlu, K., & Uzar, U. (2020). The impact of tourism on CO<sub>2</sub> emission in Turkey. *Current Issues in Tourism*, 23(13), 1631-1645.
- Gierałtowska, U., Asyngier, R., Nakonieczny, J., & Salahodjaev, R. (2022). Renewable energy, urbanization, and CO<sub>2</sub> emissions: a global test. *Energies*, 15(9), 3390.

- Hadi, A. S., & Simonoff, J. S. (1993). *Procedures for the Identification of Multiple Outliers in Linear Models*. *Journal of the American Statistical Association*, 88(424), 1264–1272.
- Islami, F. S., Prasetyanto, K., & Kurniasari, F. (2022). The effect of population, GDP, non-renewable energy consumption and renewable energy consumption on carbon dioxide emissions in G-20 member countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(2), 103-110.
- Jiaqi, Y., Yang, S., Ziqi, Y., Tingting, L., & Teo, B. S. X. (2022). The spillover of tourism development on CO 2 emissions: A spatial econometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- Katircioğlu, S. T., Feridun, M., & Kılınc, C. (2014). Estimating tourism-induced energy consumption and CO2 emissions: The case of Cyprus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 634-640.
- Koçak, E., Ulucak, R., & Ulucak, Z. Ş. (2020). The impact of tourism developments on CO2 emissions: An advanced panel data estimation. *Tourism Management Perspectives*, 33, 100611.
- Kutlu, D. (2023). Turizm ve Ekonomik Büyümenin Karbondioksit Emisyonu Üzerindeki Etkisi. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 427-444.
- Lee, J. W. & Brahmastre, T. (2013). Investigating the influence of tourism on economic growth and carbon emissions: Evidence from panel analysis of the European Union. *Tourism management*, 38, 69-76.
- Leitão, N. C., & Lorente, D. B. (2020). The linkage between economic growth, renewable energy, tourism, CO2 emissions, and international trade: The evidence for the European Union. *Energies*, 13(18), 4838.
- Leon, C. J., Arana, J. E., & Hernández Alemán, A. (2014). CO2 emissions and tourism in developed and less developed countries. *Applied Economics Letters*, 21(16), 1169-1173.
- Maronna, R.A., Martin, R. D., Yohai, V. J. & Salibián-Barrera, M., 2019. *Robust Statistics Theory and Methods (with R)* (2 nd ed.), USA: John Wiley & Sons.
- Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy policy*, 38(6), 2911-2915.
- Mirziyoyeva, Z., & Salahodjaev, R. (2023). Renewable energy, GDP and CO2 emissions in high-globalized countries. *Frontiers in Energy Research*, 11, 1123269.
- Møller, S. F., von Frese, J., & Bro, R. (2005). Robust methods for multivariate data analysis. *Journal of Chemometrics: A Journal of the Chemometrics Society*, 19(10), 549-563.
- Öztürk, I., Aslan, A., & Altinoz, B. (2022). Investigating the nexus between CO2 emissions, economic growth, energy consumption and pilgrimage tourism in Saudi Arabia. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 35(1), 3083-3098.
- Perez Garrido, B. (2023). Exploring the performance of the GPSC method under several levels of outliers. *Hungarian Statistical Review: Journal of the Hungarian Central Statistical Office*, 6(2), 3-11.
- Pervez, A., & Ali, I. (2022). Robust regression analysis in analyzing financial performance of public sector banks: a case study of India. *Annals of Data Science*, 1-15.
- Rahaman, M. A., Hossain, M. A., & Chen, S. (2022). The impact of foreign direct investment, tourism, electricity consumption, and economic development on CO2 emissions in Bangladesh. *Environmental science and pollution research*, 29(25), 37344-37358.

- Razzaq, A., Fatima, T., & Murshed, M. (2023). Asymmetric effects of tourism development and green innovation on economic growth and carbon emissions in Top 10 GDP Countries. *Journal of Environmental Planning and Management*, 66(3), 471-500.
- Sarıtaş, T., & Akar, G. (2022). Turizmin CO2 emisyonuna etkisi: Panel veri analizi. *Ekonomi Maliye İşletme Dergisi*, 5(1), 104-117.
- Satrovic, E., & Muslija, A. (2019). The empirical evidence on tourism-urbanization-CO2 emissions nexus. *Advances in Hospitality and Tourism Research (AHTR)*, 7(1), 85-105.
- Selvanathan, E. A., Jayasinghe, M., & Selvanathan, S. (2021). Dynamic modelling of inter-relationship between tourism, energy consumption, CO2 emissions and economic growth in South Asia. *International Journal of Tourism Research*, 23(4), 597-610.
- Shahzad, U., Al-Noor, N. H., Hanif, M., Sajjad, I., & Muhammad Anas, M. (2020). Imputation based mean estimators in case of missing data utilizing robust regression and variance-covariance matrices. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 1-20.
- Shakouri, B., Khoshnevis Yazdi, S., & Ghorchebigi, E. (2017). Does tourism development promote CO2 emissions?. *Anatolia*, 28(3), 444-452.
- Sharif, A., Afshan, S., & Nisha, N. (2017). Impact of tourism on CO2 emission: evidence from Pakistan. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 22(4), 408-421.
- Sun, Y., Li, H., Andlib, Z., & Genie, M. G. (2022). How do renewable energy and urbanization cause carbon emissions? Evidence from advanced panel estimation techniques. *Renewable Energy*, 185, 996-1005.
- Yıldırım, S., Yıldırım, D. Ç., Aydın, K., & Erdoğan, F. (2021). Regime-dependent effect of tourism on carbon emissions in the Mediterranean countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39), 54766-54780.
- Yorulmaz, Ö. (2016). *Dayanıklı istatistiksel yöntemler ve R uygulamaları*. İstanbul: Beta.
- Yurtkuran, S. (2022). Gelen Turist Sayısının En Fazla Olduğu 10 Ülkede Turizm ile CO2 Salımı Arasındaki İlişki: Panel Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (61), 281-303.
- Zaman, T., Shazad, U., & Yadav, V. K. (2024). An efficient Hartley-Ross type estimators of nonsensitive and sensitive variables using robust regression methods in sample surveys. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 440, 115645.
- Zha, J., Tan, T., Yuan, W., Yang, X., & Zhu, Y. (2020). Decomposition analysis of tourism CO2 emissions for sustainable development: A case study of China. *Sustainable Development*, 28(1), 169-186.

### Extended Abstract

It is a widely accepted fact that tourism is an important economic activity for many countries. Tourism contributes greatly to the domestic economy through the payment made by tourists for goods and services. It also creates employment opportunities in the service sector associated with it (Sharif et al., 2017: 408). Tourism also causes the expansion of industrial and agricultural production to meet the increasing wave of tourists and the activation of international and domestic trade. In addition to the numerous economic benefits of the tourism industry, the rapid development of this industry also leads to significant energy consumption directly through fossil fuels or indirectly through electricity related to transportation, accommodation, food and beverage, recreation, tourist activities and other supporting facilities. This inevitably leads to energy-related CO<sub>2</sub> emissions (Zha et al., 2018: 170; Doğan and Aslan, 2017: 239). Tourism produces approximately 5% of global CO<sub>2</sub> emissions. Transportation accounts for 75% of the sector's emissions (50% of which comes from air transport), accommodation accounts for 22%, and other tourism-related activities account for the remaining 4%. Although tourism is not considered a particularly polluting activity, emissions from tourism activities are projected to more than quadruple by 2035 (Jiaqi et al., 2022: 26761).

Such an expected increase is alarming. While tourism-related emissions contribute significantly to environmental and climate change, the projected future growth in the tourism industry and the resulting emission increases are expected to pose significant challenges to environmental management and sustainable tourism. Therefore, a better understanding of the link between tourism, energy consumption, GDP, and CO<sub>2</sub> emissions is crucial to promoting sustainable tourism and sustainable development (Selvanathan et al., 2020: 597). On the other hand, the United Nations Environment Program (UNEP, 2008) stated that tourism creates a significant positive impact on the environment by encouraging the use of environmentally friendly technology and transportation (Ali et al., 2020: 3002). Based on this view of the United Nations Environment Program, it can be stated that tourism can be a tool that can be used to reduce CO<sub>2</sub> emissions.

For the reasons mentioned above, the problems of the study can be determined as follows:

- What are the effects of income, renewable energy consumption and tourism on CO<sub>2</sub> emissions for the 30 countries that attract the most tourists, including Turkey?
- If there are variables that increase CO<sub>2</sub> emissions, what kind of policy should be followed for these variables?

The present study aims to analyze the potential effects of the mentioned variables on CO<sub>2</sub> emissions for the 30 most visited countries (Andorra, Austria, China, Croatia, Denmark, France, United Arab Emirates, Germany, Greece, Hungary, Italy, Malaysia, Mexico, Netherlands, Romania, Russian Federation, Spain, Turkey, United Kingdom, United States of America, Portugal, Japan, Indonesia, South Africa, Vietnam, Belarus, Ukraine, Latvia, Morocco and Dominican Republic) for which income, renewable energy consumption and tourism data are available. For this purpose, Robust Regression Analysis, which is robust to outliers, was used and the analysis was implemented using the R programming language.

When previous studies were examined, it was seen that although there were studies using different periods and different methods to determine the relationships between tourism, renewable energy, gross domestic product per capita and CO<sub>2</sub> emissions for the member countries of the European Union, different countries or country groups, the number of studies conducted for important destinations preferred by tourists was limited. (Satrović and Mušija (2019); Koçak et al. (2020); Jiaqi et al. (2022); Sarıtaş and Akar (2022); Yurtkuran (2022); Kutlu (2023); Razzaq et al. (2023)). However, no study was found in the literature using Robust Regression analysis to determine the relationships between tourism, renewable energy, gross domestic product per capita and CO<sub>2</sub> emissions, including the 30 countries that attract the most tourists, including Turkey. It is expected that the current study will fill the gap in the literature with these aspects and contribute to the literature.

In Robust Regression Analysis, CO<sub>2</sub> emissions were used as dependent variables; gross domestic product per capita, renewable energy consumption and number of tourists were used as independent variables. Due to the scale differences of the variables, they were included in the model after taking the logarithms of the variables.

According to the findings, the relationship between the number of tourists and CO<sub>2</sub> emissions per capita is not statistically significant. This finding supports the results obtained from the study of Arzu (2021).

The relationship between gross domestic product per capita and CO<sub>2</sub> emissions per capita is positive and statistically significant at the 5% level of significance. While the second independent variable is constant (after

entering and exiting the analysis), a 1% increase in gross domestic product per capita increases CO2 emissions per capita by 0.26895%.

The relationship between renewable energy consumption and CO2 emissions per capita is negative and statistically significant at the 5% level of significance. While the first independent variable is constant (after entering and exiting the analysis), a 1% increase in renewable energy consumption reduces CO2 emissions per capita by 0.43702%.

The findings of similar studies in the literature can be compared with the findings of the current study as follows:

The relationship between gross domestic product per capita and CO2 emissions per capita is positive. This finding is consistent with the findings of Menyah and Wolde-Rufael (2010), Leon et al. (2014), Shakouri et al. (2017), Azam et al. (2018) with their Malaysia and Singapore results, Koçak et al. (2020), Leitao and Lorente (2020), Yıldırım et al. (2021), Rahaman et al. (2022) with their long-term results and Kutlu (2023) with their studies. However, it is not consistent with Doğan and Aslan (2017), Azam et al. (2018) with their Thailand results, Jiaqi et al. (2022), Rahaman et al. (2022) with their short-term results.

The relationship between renewable energy consumption and CO2 emissions per capita was found to be negative. It can be said that renewable energy consumption is effective in reducing CO2 emissions. This finding is consistent with Bilgili et al. (2016), Bhattacharya et al. (2017), Leitao and Lorente (2020), Jiaqi et al. (2022), Islami et al. (2022), Sun et al. (2022), Gieraltowska et al. (2022) and Mirziyoyeva and Salahodjaev (2023) support the results obtained from their studies. However, it is not compatible with the results of Apergis et al. (2010) and Menyah and Wolde-Rufael (2010).

According to the analysis results, Andorra was determined to be an outlier. It was determined that gross domestic product per capita contributed to the increase in CO2 emissions; renewable energy consumption contributed to the reduction of CO2 emissions. However, no statistically significant relationship was found between the number of tourists and CO2 emissions. Empirical evidence shows that renewable energy consumption is an important factor in reducing CO2 emissions. Countries with high CO2 emission values should develop policies for this variable.

Considering that renewable energy consumption reduces CO2 emissions, the use of renewable energy sources such as hydroelectricity, wind, solar energy and biomass and the share of these sources in total energy consumption can contribute to the environment.

Since the last published data on the number of tourists is from 2020, the use of 2020 data for other variables can be expressed as a limitation of the current study.