

YENILENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON EMİSYONU İLİŞKİSİ: OECD ÜLKELERİ ÖRNEĞİ

THE RELATIONSHIP BETWEEN RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION AND CARBON EMISSION: A CASE STUDY FOR OECD COUNTRIES

Burçak POLAT

*Doç. Dr., Siirt Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, burcakpolat@siirt.edu.tr,
ORCID:0000-0002-3290-064X*

Ömür KIZILKAN

*Doktora Öğrencisi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, okizilkan85@hotmail.com
ORCID:0000-0001-5380-5636*

ÖZET

Çalışmanın amacı yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu (CO₂) üzerindeki etkilerini ve Çevresel Kuznet Eğrisi (ÇKE) hipotezinin geçerliliğini 37 tane OECD ülkesi için 2002-2014 yılları arasında ölçmektir. Çalışmada dinamik panel veri modellerinden olan bir aşamalı sistem Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu istatistiki olarak kanıtlanmıştır. Bunun dışında, GSYH 'da meydana gelen artış karbon emisyonunu artırırken, GSYH'nin karesinde meydana gelen artış karbon emisyonunu azaltmaktadır. Bu ise bize, çalışmaya dâhil edilen 37 OECD ülkesinde ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Kontrol değişkenlerine bakıldığında ise, Fiziki Yatırımların karbon emisyonunu pozitif yönde etkilediği, Dışa Açıklığın karbon emisyonunu negatif yönde etkilediği ampirik olarak ispatlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Karbon Emisyonu, CO₂, Dinamik Panel Veri

JEL Kod: Q53, Q2, Q56, Q43

ABSTRACT

The main purpose of this study is to measure the effects of renewable energy consumption on CO₂ emissions and to evaluate the validity of Environmental Kuznet Curve (EKC) hypothesis in 37 OECD countries for the period 2002-2014. This study employs one step-system Generalized Method of Moments (GMM) dynamic panel data model. This study statistically proves that renewable energy has a negative effect on CO₂ emissions. Beside this, while an increase in GDP affects CO₂ emissions positively, an increase in square of GDP affects CO₂ emissions negatively. Which means that EKC hypothesis is valid in 37 OECD countries. With respect to the control variables, study proves that physical investment variable is positively correlated with CO₂ emissions while openness index is negatively correlated with CO₂ emissions.

Key Words: Renewable Energy, Carbon Emission, CO₂, Dynamic Panel Data.

JEL Code: Q53, Q2, Q56, Q43

GİRİŞ

21 yüzyılda karbon emisyonlarının (CO₂) çevreye vermiş olduğu zararlar hızla artmaktadır. Çevreye verilen zararları azaltmak amacıyla birçok firma tarafından AR-GE çalışması yapılmaktadır ve bu çalışmaların temel amacı gaz emisyonunu azaltmaktır. Karbon emisyonunun çıkış noktası enerji sektöründe kullanılan fosil yakıtlardır ve enerji tüketimi arttıkça karbon emisyonu da artmaktadır. Fosil yakıtlar kullanıldığı zaman katı ve gaz halinde artıklar bırakır bu artıklar hiçbir şekilde kullanılmadığı gibi çevre kirliliğine yol açar. Uluslararası Enerji Ajansına göre 2050 yılına kadar petrol ihtiyacının %70 artacağı, karbon emisyonunun ise % 130 artacağı tahmin edilmektedir.

İki türlü temel enerji kaynağı vardır. Bunlar sırası ile yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerji kaynaklarıdır. Yenilenemez enerji kaynağı fosil yakıtların kullanılması ile elde edilir. Örneğin, doğal gaz, kömür vb. yakıtlardan elde edilen enerji kaynağı bu guruba girer. Yenilenebilir enerji ise sürekli kendini yenileyen, karbon emisyonuna ve çevre kirliliğine yol açmayan yeşil enerji olarak adlandırılan enerji kaynağıdır. Örneğin güneş, rüzgâr, jeotermal ve hidro enerjileri temel yenilenebilir enerji kaynakları olarak gösterilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları dünyanın her yerinde bulunabilir ve bu tip enerji kaynağı doğal enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Diğer bir deyişle yenilenebilir enerji kaynakları ülkelerin enerji ihtiyacını çevre kirliliğine yol açmadan sağlamak ve ülkelerin dış piyasaya yönelik enerji bağımlılığını azaltmaktadır.

Ekonomik büyüme sürecinde kişi başına düşen Gayri Safi Yut içi Hasıla (GSYİH) ile çevre kirliliği arasında ters U-şeklinde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir [Bakınız: Grossman ve Krueger (1991, 1995), Panayotou (1997), Shafik (1994), Selden ve Song (1994)] Buna göre, GSYİH artarken çevre kirliliği ilk aşamada artar, GSYH belirli bir seviyeye geldikten sonra ise GSYİH'nin artması çevre kirliliğini azaltmaya başlar. Bu ilişki Kuznet, S. (1995) tarafından bulunmuştur ve Çevresel Kuznet Eğrisi (ÇKE) (Environmental Kuznet Curve, EKC) olarak adlandırılmaktadır. Grossman ve Kureger (1991) ÇKE hipotezini şu şekilde açıklamıştır: Ekonomik büyüme çevre kirliliğini ya da çevresel kaliteyi 3 kanal kullanarak etkiler. Bunlar sırası ile: 1-ölçek etkisi, 2- yapısal etki ve 3- teknolojik etkidir.

Ölçek Etkisine göre, Ekonomik büyümenin başında, daha fazla üretim yapmak için daha fazla girdi ve kaynak kullanımı yapmak gerekir. Dolayısı ile artan enerji tüketimi daha fazla atık bırakacak ve çevre kirliliğine yol açacaktır. Dolayısı ile ekonomik büyümenin başlarında enerji tüketiminin artışı çevre kirliliğini artıracaktır. Ekonomik büyüme arttıkça, yani kişi başına düşen GSYİH arttıkça, ülkeler sermaye yoğun sektörlerden servis yoğun sektörler kayar. Diğer bir deyişle, ekonomik büyümenin ileriki aşamalarında, çevreyi daha az kirleten ekonomik aktiviteler ülkeler tarafından kullanılmaya başlanır. Dolayısı ile artık kişi başına düşen GSYİH arttıkça çevre kirliliğinde azalma meydana gelecektir. Bu ikinci etkiye ise Yapısal Etki denmektedir. Teknolojik Etki ise, ekonomik büyümenin ileriki aşamalarında, ülkelerin eski teknoloji yerine, çevre kirliliğine daha az yol açan temiz teknolojiye geçişi ile olur. Diğer bir deyişle, teknolojide meydana gelen iyileşmeler, daha az doğal kaynak kullanımına ve daha az çevre kirliliğine yol açmaktadır. Dolayısı ile ÇKE hipotezine göre, kişi başına düşen GSYH'da meydana gelen artış bahsedilen üç kanalı kullanarak (ölçek etkisi, yapısal etki ve teknolojik etki) ilk başta, çevre kirliliğini artıracak daha sonra GSYİH belirli bir eşige geldikten sonra, çevre kirliliğini azaltmaya başlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu (CO₂) üzerindeki etkilerini dinamik panel veri yöntemi kullanarak 37 tane OECD ülkesi ¹ için test etmek ve bu ülke grubu için ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığını bulmaktır. Çalışmanın zaman aralığı 2002-2014 yıllarını kapsamaktadır. Bunun nedeni, yenilenebilir enerji tüketiminin dünya genelinde 2002 yılından sonra artışa geçmesi ve 2014 yılından sonra ise yenilenebilir enerji tüketimi ile ilgili yeterli verinin olmayışındır. Çalışmanın literatüre katkısı şu şekilde açıklanabilir: Birincisi, çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak, toplam enerji tüketimi ya da yenilenemez enerji tüketimi yerine, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bunun nedeni, yenilenebilir enerji tüketiminin yenilenemez enerji tüketiminden farklı olarak daha az karbon üreten yeşil enerji olması ve fosil yakıtlardan kaynaklanan karbon emisyonunu azaltmaya yardımcı olduğu görüşüdür. İkincisi, çalışmada dinamik panel veri modellerinden olan bir aşamalı sistem

¹ Analizdeki Ülke Listesi: Amerika, Almanya, Avusturalya, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İzlanda, İrlanda, İsrail, İtalya, İspanya, İsveç, İsviçre İngiltere, Japonya, Kanada, Korea, Kolombiya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Meksika, Norveç, Şili, Polonya, Portekiz, Slovak Cumhuriyeti, Slovenya, Türkiye, Yeni Zelanda, Yunanistan.

Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (one step- system Generalized Method of Moments (GMM)) kullanılmıştır. Bu yöntemin tercih edilmesinin iki nedeni vardır. Birincisi, ÇKE hipotezine göre, kişi başına düşen GSYH ile çevre kirliliği arasındaki ilişki dinamik bir ilişkidir dolayısıyla bu dinamik yapıyı yakalayabilmek için dinamik panel veri yöntemi kullanılması zorunludur. İkincisi, dinamik panel veri yöntemi bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasında çift taraflı bir etkileşim varsa bu etkileşimin yakalanmasına yardımcı olur. Üçüncüsü, çalışma sadece ÇKE hipotezinin geçerliliğini test etmemekte aynı zamanda yenilenebilir enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasındaki uzun dönem ilişkinin ne olduğunu saptamaya çalışmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre, uygulanması gereken ekonomik politika öngörülerine kısaca yer verilecektir.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir: Giriş bölümünden sonra, 2. Bölümde, literatür taramasına yer verilmektedir. İkinci bölümü takiben 3. Bölümde, araştırmada kullanılan model ve veri hakkında bilgi verildikten sonra 4. Bölümde elde edilen ampirik bulgular sunulmaktadır. 5. Bölümde bu sonuçlara dayanan tartışma yer almaktadır. Çalışma bir sonuç ve öneriler bölümü ile sona ermektedir.

Literatür Tarama

Enerji literatürüne bakıldığında, iki ayrı araştırma alanı son yıllarda hızla ivme kazanmıştır. Bunlardan birincisi, Çevresel Kuznet Eğrisi (ÇKE) hipotezinin geçerli olup olmadığının araştırılmasıdır. Bir diğeri ise, enerji tüketiminin (Toplam enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ya da yenilenemez enerji tüketimi) çevre kirliliği (karbon emisyonu) üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır.

ÇKE'nin geçerliliğini araştıran çalışmalar incelendiğinde, sonuçlarının birbirinden farklılık gösterdiği gözlemlenmektedir. Bunun nedeni hem bağımlı hem de bağımsız değişkenleri temsilen farklı göstergelerin kullanılması olabilir. Örneğin, çevre kirliliğini temsilen bazı çalışmalar CO₂ değişkenini koyarken diğer bazıları arsenik, kadmiyum, selüloz nitrat vb. kullanmıştır. Bunun dışında, çalışmaların çoğu açıklayıcı değişken olarak enerji tüketimini temsilen yenilenemez enerji tüketimini kullanırken, çok azı yenilenebilir enerji tüketimini kullanmaktadır. Dolayısıyla ÇKE hipotezinin geçerliliği konusunda literatürde fikir birliği görülmemektedir. Bazı çalışmalar ÇKE hipotezinin geçerliliğini savunurken bazı çalışmalar ÇKE hipotezinin geçersiz olduğunu ileri sürmektedir. Buna rağmen, çalışmaların çoğunun ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ampirik olarak kanıtlamış olduğu söylenebilir. ÇKE hipotezinin geçerliliğini savunan çalışmalara örnek verecek olursak [Bakınız: Grossman ve Kureger (1991), Panayotou, T. (1997), Selden ve Song (1994), Suri ve Chapman (1998), Torras ve Boyce (1998), Cole, MA (2004), Orubu ve Omotor (2011), Ahmet ve Long (2010), Apergis ve Payne (2009), Bilgili, F., Koçak, E. ve Bulut, Ü. (2016)]. ÇKE hipotezinin geçersiz olduğunu savunan çalışmalara örnek verecek olursak [Bakınız: Moomaw ve Unruh (1997), Gangadharan ve Valenzuela (2001), Lantz ve Feng (2006), Soytaş ve Sarı (2007), Fodha ve Zaghdoud (2010)].

Enerji literatürü analiz edildiğinde, çalışmaların çoğu ÇKE hipotezinin geçerliliğini ve enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini birlikte incelerken; diğer bazı çalışmalar ise sadece enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini incelemiştir. Örneğin Çoban ve Kılınç (2015), Türkiye'deki kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin karbon salınımı üzerindeki etkilerini 1990-2012 dönemleri için incelemiştir. Ancak, ÇKE hipotezinin geçerliliğini araştırmamıştır. Analiz sonucuna göre, yenilenebilir enerjinin karbon emisyonunu negatif yönde, kişi başına düşen GSYİH meydana gelen artışların ise karbon emisyonunu pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Abolhosseini, S., Heshmati, A. ve Altmann (2014) yenilenebilir enerjide meydana gelen gelişmelerin, enerji teknolojilerinde meydana gelen yeniliklerin ve yenilenebilir enerjiyi artırmak için uygulanan çevresel vergilerin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini 15 Avrupa Birliği ülkesi için 1995-2010 dönemleri verileri ile araştırmıştır. Çalışma sonucuna göre, çevresel vergiler ve enerji teknolojilerinde meydana gelen yeniliklerde meydana gelen artışların CO₂ emisyonunu azalttığı bulunmuştur. Zaidi S.A.H.Z, Danish, Hou, F.ve Mirza, F.M. (2018) yenilenebilir ve yenilenemez enerji türlerinin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini Pakistan için 1970-2016 d. analiz etmiştir. Sonuç olarak, yenilenebilir enerjinin CO₂ emisyonunu azalttığı bulunmuştur. Ayrıca yenilenemez enerji olan doğal gaz ve kömürün karbon emisyonunu en fazla artıran enerji türü olduğu da saptanmıştır.

ÇKE hipotezinin geçerliliğini ve enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini birlikte inceleyen çalışmalara bakıldığında şu örneklerle yer verilebilir. Doğan ve Karay (2019) yenilenebilir enerji tüketiminin ve enerji yoğunluğunun CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini Türkiye için 1971-2015 dönemleri açısından

incelemiştir. Çalışma sonucuna göre, ÇKE hipotezinin geçerliliği ispatlanmıştır ve yenilenebilir enerji tüketimi ile CO₂ emisyonu arasında negatif bir ilişki bulunurken enerji yoğunluğu ile CO₂ emisyonu arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur. Yazdı ve Beygi (2018) ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji, enerji tüketimi, finansal gelişme, ticari açıklık gibi göstergelerin CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini 25 tane Afrika ülkesi için 1985-2015 dönemi verileri ile incelemiş ve ÇKE hipotezinin geçerliliği Afrika ülkeleri için ispatlanmıştır. Bunun yanında, yenilenebilir enerji tüketimi ve dışa açıklık (ticari açıklık)'ta meydana gelen artışların CO₂ emisyonunu azalttığı ileri sürülmüştür. Hasnisah, A., Azlina, A.A. ve Taib, C.M.I.C (2019) çevre kalitesi, ekonomik kalkınma, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi arasındaki ilişkileri geliştirmekte olan 13 Asya ülkeleri için 1980-2014 dönemlerinde analiz etmiştir. Sonuçlar, ÇKE hipotezinin geçerliliğini desteklemektedir. Bunun dışında, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu azaltmakta önemli olduğu istatistiksel olarak kanıtlanmıştır. Lee ve Yoo (2016) enerji tüketimi, karbon emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki nedenselliği Meksika ülkesi için 1971-2007 d. verilerini kullanarak incelemiştir. Sonuç olarak, enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasında çift yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir.

Yöntem

3-1. Araştırmanın Modeli

Dinamik Panel Veri Modeli genel olarak şu şekilde formüle edilebilir:

$$Y_{it} = \delta Y_{it-1} + X'_{it} \beta + u_{it} \quad (i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T)$$

Regresyondaki Y_{it} bağımlı değişkeni ifade etmektedir. δY_{it-1} terimi ise, bağımlı değişkenin gecikmeli halinin regresyona alınmış halidir. Bağımlı değişkenin gecikmeli hali panel veri regresyonuna sokulduğunda panel veri model artık dinamik panel veri haline gelmiş olur. Bunun dışında, $X'_{it} \beta$ terimi regresyona giren diğer açıklayıcı değişkenleri göstermektedir. Regresyondaki u_{it} terimi ise, hata terimini göstermektedir. Panel veri modellerinde hata terimi iki bileşenden oluşur ve kısaca şu şekilde yazılabilir: $u_{it} = \eta_i + v_{it}$, Burada η_i terimi, sabit etki olarak ifade edilir. η_i panel veriye göre değişen tüm ölçülememiş ve zamana göre sabit olan faktörleri barındırır. u_{it} ise hata terimidir tüm gözlemlenemeyen fakat zamana göre değişen faktörleri barındırır.

Dinamik Panel Veri Modellerindeki genel problem, bağımlı değişkenin gecikmeli halinin regresyona sokulması hata terimi ile bağımsız değişkenler arasında korelasyona neden olup En Küçük Kareler Yönetiminin (EKKY) varsayımlarını ihlal etmesine ve sonuçların sapmalı ve tutarsız olmasına yol açmasıdır. Regresyondaki Y_{it} terimi η_i bir fonksiyondur. Doğal olarak, bağımlı değişkenin gecikmeli hali olan $Y_{i,t-1}$ de η_i 'nin bir fonksiyondur. Dolayısıyla, Dinamik Panel Veri Modellerinde regresyona alınan bağımlı değişkenin gecikmeli hali olan $Y_{i,t-1}$ terimi ile hata terimi u_{it} arasında her zaman korelasyon olacaktır.

Bu problemi gidermek için Genel Panel Veri Modellerinden olan Sabit Etkiler (SE) modeli kullanılabilir. SE modelinin işleyişi, SE modeline göre, regresyonun birinci dereceden farkı alınır (zamana göre ortalaması alınır) ve farkı alınan regresyon ilk regresyondan çıkarılır. Dolayısıyla, SE modeli regresyondaki sabit etkinin u_{it} yok edilmesini sağlar. SE modelinin işleyişi kısaca aşağıda ki gibidir:

Tek bir değişkenli dinamik panel veri modeli ele alalım,

$$Y_{it} = \delta Y_{it-1} + \beta_1 x_{it} + u_{it} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad u_{it} = \eta_i + v_{it}$$

Bu regresyonun birinci dereceden zamana göre ortalaması alındığında model şu şekilde formüle edilebilir:

$$\bar{Y}_{it} = \delta \bar{Y}_{it-1} + \beta_1 \bar{x}_{it} + \eta_i + \bar{v}_{it} \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Şimdi, farkı alınan ikinci regresyon birinci regresyondan çıkarıldığında, matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$Y_{it} - \bar{Y} = (Y_{i,t-1} - \bar{Y}_{j-1}) + \beta_1(x_{it} - \bar{x}) + u_{it} - \bar{u}_i. \quad t = 1, 2, \dots, T$$

FE ile elde edilen yeni regresyondan da görüldüğü üzere sabit etki olan η_i regresyondan atılmış oldu. Fakat FE modelini kullanmak Dinamik Panel Veri modelindeki bağımlı değişkenin gecikmeli hali ile hata terimi arasındaki korelasyonu yok etmez. Bunun nedeni, FE ile elde edilen regresyonda $(Y_{i,t-1} - \bar{Y}_{j-1})$ teriminin hata terimi olan $(v_{it} - \bar{v}_i)$ ile hala korelasyonlu olmasıdır.

İşte bu noktada, Arrellano ve Bond (1991) Genelleştirilmiş Momentler Yönteminin (Generalized Method of Moment –GMM)'in kullanılmasının bağımlı değişken ile hata terimi arasındaki korelasyonu yok edeceğini, sapmasız ve tutarlı sonuçlar elde edilebileceğini savunmuştur. Genelleştirilmiş Momentler Yönteminin işleyişi şu aşamalardan oluşur:

Açıklayıcı değişkeni olmayan basit otoregresif (özbağlanımlı) modeli ele alındığında, model şu şekilde yazılabilir:

$$Y_{it} = \delta Y_{i,t-1} + u_{it} \quad (i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T)$$

$N \rightarrow \infty$ iken sabit T ile, ilk başta regresyondaki sabit etkiyi yok etmek için basit modelin birinci dereceden zamana göre ortalaması alınır ve bu ilk regresyondan çıkarılır.

$$Y_{it} - Y_{i,t-1} = \delta(Y_{i,t-1} - Y_{i,t-2}) + (v_{it} - v_{i,t-1})$$

Bu transformasyondan elde edilen regresyona ait hata terimi MA(1) diye adlandırılan Yürüyen Ortalama olur.

$$Y_{it} = \delta Y_{i,t-1} + u_{it} \quad T=3 \text{ 'den başlayarak transformasyon işlemi devam ettirilirse;}$$

$$Y_{i3} - Y_{i2} = \delta(Y_{i2} - Y_{i1}) + (v_{i3} - v_{i2})$$

T=3 iken transformasyondan elde edilen yukarıdaki regresyonda, artık bağımlı değişkenin gecikmeli hali ile hata terimi arasında korelasyon bulunmamaktadır. Diğer bir değişle, $\delta(Y_{i2} - Y_{i1})$ ile $(v_{i3} - v_{i2})$ korelasyon içinde değildir. Bu durumda Y_{i1} geçerli olan bir enstrüman olarak nitelendirilir. Geçerli enstrüman sayısı T=3 'ten başlayarak artırılabilir. Örneğin T=4 için,

, $Y_{i4} - Y_{i3} = \delta(Y_{i3} - Y_{i2}) + (v_{i4} - v_{i3})$ elde edilir. Ve burada, $\delta(Y_{i3} - Y_{i2})$ ile $(v_{i4} - v_{i3})$ korelasyon halinde değildir. Dolayısı ile T=4 için, yeni geçerli enstrüman Y_{i2} 'dir. T=3 ten başlayarak N tane bağımlı değişkenin gecikmeli haliyle hata terimini korelasyonunu engelleyen geçerli enstrüman elde edilebilir. T dönemli bir basit regresyon modeli için geçerli enstrüman sayısı şu şekilde gösterilerek genelleme yapılabilir: $(Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{i,T-2})$

Diğer yandan hata teriminin varyans-kovaryans matrisi şu şekilde formüle edilebilir:

$$E(\Delta v_i \Delta v_i') = \sigma_v^2 G, \quad \Delta v_i' = (v_{i3} - v_{i2}, \dots, v_{iT} - v_{i,T-2}):$$

$$G = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & -1 & 2 \end{bmatrix}_{(T-2) \times (T-2)}$$

Enstrüman matrisi ise şu şekilde matematiksel olarak gösterilebilir:

$$W_i = \begin{bmatrix} [Y_{i1}] & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ & [Y_{i1}, Y_{i2}] & & & & & & & & & \\ & & \cdot & & & & & & & & \\ & & & \cdot & & & & & & & \\ & & & & \cdot & & & & & & \\ & & & & & \cdot & & & & & \\ & & & & & & \cdot & & & & \\ & & & & & & & [Y_{i1} & Y_{i2} & \cdot & \cdot & \cdot & Y_{i,T-2}] \end{bmatrix}$$

Genelleştirilmiş Momentler Metodu ile ilgili problem, panel veri regresyonunda T=4'ten başlayarak gereğinden fazla geçerli enstrüman üretilmesidir. Bu problem aşırı belirleme (over-identification) problemi denir. Aşırı belirleme problemi şu şekilde ifade edilebilir. Örneğin T=4 için, regresyondaki bir parametreyi tahmin etmek için 3 koşul ortaya çıkar. Bunlar,

$$E[(Y_{i1}(u_{i3} - u_{i2}))] = 0$$

$$E[(Y_{i1}(u_{i4} - u_{i3}))] = 0$$

$$E[(Y_{i2}(u_{i4} - u_{i3}))] = 0$$

Burada, bu koşullardan herhangi biri parametreyi tahmin etmek için kullanıldığında, diğerler enstrümanlar aşırı belirleme (over-identification) problemine yol açar. Çalışmada, aşırı belirleme problemini çözmek için, Rootman (2009)'un enstrüman azaltma tekniği kullanılmıştır.

Veri Seti

Enerji literatürü incelendiğinde çevre kirliliğini temsilen genel olarak CO₂ emisyonunun (karbon emisyonu) değişken olarak alındığı görülmüştür. Dolayısı ile bu çalışmada da çevre kirliliğini temsilen 37 OECD ülkesindeki CO₂ emisyonu bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Ana inceleme konusu olan bağımsız değişkenler Yenilenebilir Enerji Tüketimi, kişi başına düşen Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ile kişi başına düşen GSYİH'nin karesidir. Daha önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde, ÇKE hipotezinin geçerliliğini test etmek için kişi başına düşen GSYİH ve GSYİH'nin karesinin alındığı görülmüştür. Ekonomik teoriye göre, GSYİH ile karbon emisyonu arasındaki pozitif ilişki ile GSYİH'nin karesi ile karbon emisyonu arasında ki negatif ilişki ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Dolayısı ile çalışmada Yenilenebilir Enerji Tüketimin yanı sıra ÇKE hipotezinin geçerliliğini test etmek için kişi başına düşen GSYİH ve kişi başına düşen GSYİH'nin karesi ana bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, çalışmada spesifikasyon

hatasına yol açmamak için kontrol değişkenleri de ilave edilmiştir. Kontrol değişkenleri sırası ile şöyledir: Fiziki Yatırımlar, Dışa Açıklık ve Dolaysız Yabancı Sermaye Yatırımları. Dışa Açıklık ithalat ve ihracat değerlerinin toplamının GSYH'ye bölünmesi ile hesaplanmıştır. Çalışmadaki değişkenlerin hepsi dolar cinsinden ölçülmüştür ve veriler Dünya Bankası verileri (World Bank Data) kullanılarak elde edilmiştir.

Verilerin Analizi

Açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki olası etkileri ekonomik teoriye göre belirlenmiş ve Tablo 1'de sunulmuştur. Değişkenlere ait betimleyici istatistikler ve veri özeti aşağıda Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 1. Parametrelerin Bağımlı Değişken Üzerindeki Beklenen Etkisi

Değişkenler	Beklenen Etki
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	+/-
Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla	+
Gayri Safi Yurtiçi Hâsılanın Karesi	+/-
Fiziki Yatırımlar	+
Dışa Açıklık	+/-
Dolaysız Yabancı Sermaye Yatırımları	+/-

Tablo 2. Betimleyici İstatistikler ve Özet

Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
CO2 Emisyonu	481	346.6553	896.8169	1.8738	5789.727
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	481	17.88345	15.5260	0.6966	77.3446
GSYH	481	113.4836	246.7478	0.7372	1752.175
Fiziki Yatırımlar	481	23.37198	4.4149	11.6010	41.8918
Dışa Açıklık	481	91.79132	54.0941	20.6856	392.8042
Dolaysız Yabancı Sermaye Yatırımlar	481	30.98542	65.6659	-29.6794	733.8265

Tablo 2’den anlaşıldığı üzere, gözlem sayılarına baktığımızda 37 tane OECD ülkesi için oluşturulan panel veri setinde eksik gözlem sayısı bulunmamaktadır ve toplam gözlem sayımız 481’dir. Ortalama değerlere bakıldığında en yüksek ortalama değeri olan değişkenler CO₂ emisyonu, GSYH ve Dışa Açıklıktır. Diğer bir değişle OECD ülkeleri gelişmiş ve sanayileşmiş ülke grubu olarak yüksek düzeyde CO₂ emisyonuna, GSYH’ye ve dışa açıklığa (uluslararası ticarete) sahiptir. Standart sapmalara bakıldığında, en yüksek standart sapmaya sahip olan değişkenler CO₂ emisyonu, GSYH ve Dolaysız Yabancı Sermaye Yatırımlarıdır. Diğer bir değişle, bu ülkeler ortalama olarak yüksek CO₂ emisyonuna ve GSYH’ye sahiptirler de panel kesit düzeyinde (ülkeden ülkeye) bu değerler oynaklık göstermektedir. Yine benzer şekilde bu ülke gurubunda Dolaysız Yabancı Sermaye Yatırımları da ülkelerin yabancı sermayeyi çekme becerisi bakımından ülkeden ülkeye farklılık (oynaklık) göstermektedir. Standart sapma değerlerine bakıldığında, en düşük standart sapmaya sahip olan değişken 4.4149 ile Fiziki Yatırımlardır Düşük standart sapma, 37 OECD ülkesinde yapılan Fiziki Yatırımların ortalama olarak birbirine yakın düzeylerde olduğunu göstermektedir.

Bulgular

Yenilenebilir enerjinin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini ölçmek ve ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığını anlamak için 37 tane OECD ülkesi için 2002-2014 dönemini kapsayacak şekilde panel veri seti oluşturulmuştur. Ve bu panel veri seti STATA 12 kullanılarak, Dinamik Panel Veri modellerinden olan bir aşamalı sistem Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) kullanılarak tahmin edilmiştir. Genelleştirilmiş Momentler Yöntemine ilişkin tahmin sonuçları Tablo 3’de sunulmuştur. Tablo 3’ün sol sütununda açıklayıcı değişkenler, sağ sütununda ise tahmin sonuçlarına ilişkin kat sayılar (parametre değerleri) ve parantez içerisinde parametreye ait olasılık değerleri verilmiştir. Tahmin sonuçlarının güvenilirliğini test etmek için, AR (2) için Arellano Bond Test ve Hansen (1982) Test’ler yürütülmüş ve istatistik sonuçları Tablo 3’ün en alt kısmında verilmiştir.

Değişkenler	Sistem GMM
Sabit Terim	-150774.9 (0.000)**
CO2 Emisyonun Gecikmelisi	-0.0043 (0.014)**
Yenilenebilir Enerji Tüketimi	-1570.26 (0.000)**
GSYH	2581.65 (0.000)**
GSYH'n karesi	-0.7496 (0.001)**
Fiziki Yatırımlar	9195.46 (0.000)**
Dışa Açıklık	-289.87 (0.003)**
Dolaysız Yabancı Sermaye Yatırımları	-342.43 (0.094)
Wald Ch ² Test	5197.58 (0.000)**
AR (2) için Arellano Bond Test	0.642
Hansen Test	12.31

Not: %1 önem derecesi ** işareti ile % 5 önem derecesi * işareti ile gösterilmiştir.

Tartışma

Tablo 3'e bakıldığında, CO₂ emisyonun gecikmelisinin % 1 anlamlılık düzeyinde etkili olması bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin dinamik olduğunu göstermekte ve dinamik panel veri modelinin bu çalışma için uygunluğunu bir kez daha kanıtlamaktadır. Bunun dışında, AR (2) için Arellano Bond Test ve Hansen Test istatistik sonuçları, çalışmadan elde edilen tahminlerin güvenilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 3'teki ampirik sonuçlar incelendiğinde, Yenilenebilir Enerji Tüketiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisinin % 1 anlamlılık düzeyinde negatif olduğu, GSYH'n ve GSYH'n karesinin % 1 anlamlılık düzeyinde CO₂ emisyonu sırası ile pozitif ve negatif yönde etkilediği tahmin edilmiştir. Sonuçlar şu şekilde yorumlanabilir: Yenilenebilir enerji tüketimi karbon emisyonunun artmasına yol açarken aksine yenilenebilir enerji tüketiminin artması CO₂ emisyonunu azaltmaktadır. Bu sonuç daha önce yenilenebilir enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi inceleyen ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu (CO₂ emisyonunu) azalttığını öne süren Danish, Hou, F.ve Mirza, F.M. (2018), Doğan ve Karay (2019), Hasnisah, A., Azlina, A.A. ve Taib, C.M.I.C (2019) gibi yazarların sonuçları ile örtüşmektedir. Yine ekonomik teoriye uygun olarak, GSYH'n CO₂ emisyonunu pozitif yönde etkilemesi, GSYH'n karesinin ise CO₂ emisyonunu negatif yönde etkilemesi, 37 tane OECD ülkesi için ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle bu ülkelerde GSYH arttıkça karbon emisyonu artmakta belirli bir eşişe gelindikten sonra GSYH'n artması karbon emisyonunu azaltmaktadır.

Kontrol değişkenlerinin CO₂ emisyonu üzerindeki etkileri incelendiğinde; Fiziki yatırımların CO₂ emisyonu % 1 anlamlılık düzeyinde pozitif yönde etkilediği, dışa açıklığın ise karbon emisyonunu yine %1 anlamlılık düzeyinde negatif yönde etkilediği tahmin edilmiştir. Dolaysız yabancı sermaye yatırımlarının ise CO₂ emisyonu üzerinde herhangi bir anlamlı etkisine rastlanmamıştır. Ekonomik teoriye uygun olarak sonuçları şu şekilde yorumlayabiliriz: Fiziki yatırımların artması, üretilecek mal ve hizmet miktarını artırmakta ve daha çok enerji tüketimine yol açmaktadır. Daha çok enerji tüketimi ise, karbon emisyonunu artırmaktadır. Dolayısı ile yatırımlarda meydana gelen artışın karbon emisyonu üzerindeki pozitif etkisi ekonomik teoriye uygundur ve anlamlıdır. Diğer yandan, dışa açıklık (uluslararası ticaretin) CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi literatürde tartışmalı bir konudur. Bazı yazarlar dışa açıklığın karbon emisyonunu azalttığını bazıları ise artırdığını savunmaktadır. Dışa açıklığın CO₂ emisyonunu azalttığını ileri süren yazarlara göre, uluslararası ticaret ülkelerdeki rekabeti artırarak ülkelerin kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanmasına yol açar. Bunun dışında, ülkeler dışa açıldıkça dış ülkelerle olan iletişim becerileri artar ve bu ülkelerin daha temiz teknoloji (enerji tasarrufu sağlayan teknoloji transfer etmesine neden olur. Bu görüş Anderson ve Black-hurst (1992), Jones ve Rodolfo (1995) ve Lee ve Roland-Holst (1997) gibi yazarlar tarafından ileri sürülmüştür. Bizim ampirik sonuçlarımız da bu yazarların görüşünü desteklemekte ve 37 tane OECD ülkesinde dışa açıklık (uluslararası ticaret seviyesi) artıkça karbon emisyonunda istatistiksel olarak anlamlı bir azalma meydana geldiği saptanmıştır. Dışa açıklığın karbon emisyonunu artırdığını savunan yazarlara göre ise, ülkeler dış dünyaya açıldıkça ağır sanayiden servis sektörüne transfer ederler. Özellikle OECD ülke gurubu gibi gelir seviyesi yüksek olan ülkeler ağır sanayi üretimini geliştirmekte olan ülkelere devredip, servis sektörüne yönelir. Dolayısı ile gelir seviyesi yüksek olan ülkeler ağır sanayi ürünlerini geliştirmekte olan ülkelere ithal ederken, servis hizmetlerinde uzmanlaşıp, servis hizmetlerinin ihracatçısı konumuna gelirler. Doğal olarak, dışa açıklık gelişmiş ülkelerde ağır sanayiye azaltarak karbon emisyonunu azaltırken, geliştirmekte olan ülkelere ağır sanayinin artmasına yol açarak karbon emisyonunu artırma eğilimindedir. Başka bir deyişle, dışa açıklık OECD ülke gurubu gibi gelir seviyesi yüksek olan ülkelere karbon emisyonunu azaltarak ÇKE hipotezinin geçerli olmasına neden olurken, gelir seviyesi düşük olan geliştirmekte olan ülkelere ÇKE hipotezinin geçersiz olmasına sebep olmaktadır. Bundan başka, OECD gibi gelişmiş ülkelerde ağır endüstri ürünlerin üretim maliyetleri yüksek çevre standartlarından dolayı gelişmiş ülkelere göre daha yüksektir. Dolayısıyla çok uluslu şirketler yabancı sermaye yatırımlarını gelişmiş ülkelere, çevre standartlarının ve üretim maliyetlerinin daha düşük olduğu geliştirmekte olan ülkelere yapar. Bundan dolayı, Dolaysız Yabancı Sermaye Yatırımları gelişmiş ülkelerde ÇKE hipotezinin geçerli olmasını sağlarken, geliştirmekte olan ülkelere ÇKE hipotezinin geçersiz olmasına neden olabilmektedir. Her ne kadar dolaysız yabancı sermaye yatırımlarının karbon emisyonunu gelir seviyesi yüksek olan ülkelere azaltma yönünde beklentimiz olsa da, seçilen OECD ülke gurubu için yabancı sermaye yatırımlarının karbon emisyonu üzerinde anlamlı bir etkisi bulunamamıştır.

Özet & Sonuç

Çalışmanın amacı yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu (CO₂) üzerindeki etkilerini ve ÇKE hipotezinin geçerliliğini 37 OECD ülkesi için dinamik panel veri modellerinden Genelleştirilmiş Momentler Yöntemini (GMM) kullanarak 2002-2014 dönemleri için araştırmaktır. Çalışma daha önceki çalışmalardan farklı olarak, toplam enerji tüketimi ya da yenilenemez enerji tüketimi yerine yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Analiz sonucunda, yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu istatistiki olarak kanıtlanmıştır. Bunun dışında, GSYİH 'da meydana gelen artış karbon emisyonunu artırırken, GSYİH'nin karesinde meydana gelen artış karbon emisyonunu azaltmaktadır. Bu ise bize, çalışmaya dâhil edilen 37 OECD ülkesinde ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Kontrol değişkenlerine bakıldığında ise, fiziki yatırımlarda meydana gelen artışlar karbon emisyonunu artırırken, dışa açıklıkta meydana gelen artış karbon emisyonunu azalttığı ampirik olarak ispatlanmıştır. Tahmin sonuçlarına göre önerilebilecek kısa ve uzun vadeli politika öngörülerini kısaca şunlardır: 1- Kısa/orta vadede, politika yapıcılarının takip edebileceği politikalar (i) yenilenebilir enerji kaynaklarını artırmak için vergi teşviklerinin firmalara sağlanması. (ii) yenilenebilir enerji kaynaklarını artırmak için sübvansiyonların devlet tarafından firmalara sağlanması. (iii) yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması için sektörel bazda sübvansiyon ve vergi indirimlerinin sağlanması. Örneğin Tarım sektöründe hayvansal ve bitkisel atıklardan elde edilen enerji

türü olan biyomas'ı artırmaya yönelik teşvik edici vergi indirimlerinin ya da sübvansiyonların sağlanması. 2- Uzun vadede, politika yapıcılarının takip edebileceği politikalar (i) firmaların enerji tasarrufu sağlayan teknolojileri üretmek için yapacağı AR-GE çalışmalarını teşvik edici politikaların uygulanması. (ii) ithalat/ihracatı (uluslararası ticareti) artırmak için gümrük vergilerinde düzenlemeye gidilmesi.

- Abolhosseini, S., Heshmati, A. & Altmann, J. (2014). "The effect of renewable energy development on carbon emission reduction: An empirical analysis for the EU-15 countries", *Tartışma Makalesi (IZA Discussion Paper)*, No. 7989, Almanya.
- Ahmet K.&Long, W. (2010). "Environmental Kuznets Curve and Pakistan: an empirical analysis.", *Proc Econ Financ*, 1: 4-13
- Anderson, K., ve Blackhurst, R. (1992) "The Greening of World Trade Issues", The University of Michigan Press
- Apergis N. & Payne, J.E. (2009). "CO emissions, energy usage, and output in Central America.", *Energy Policy*, 37: 3282-3286.
- Arellano, M.,&Bond, S.(1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297.
- Bilgili, F., Koçak, E. & Bulut, Ü. (2016) "The dynamic impact of renewable energy consumption on CO2 emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve approach", *Renewable and Sustainable Energy Review*, 54: 838-845.
- Çoban, O. & Kılınç, N.Ş. (2015). "Yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonu ilişkisi: TR örneği (Relationship between renewable energy consumption and carbon emissions: the case of Turkey)", *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 38 (1): 195-208.
- Cole, M.A. (2004). "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages.", *Ecol Econ*, 48:71-81.
- Doğan, N. & Karay, M. (2019). "The impact of renewable energy consumption and energy intensity on CO₂ emissions from fuel combustions for the case of Turkey: A cointegration analyses.", *Journal of Economics and Related Studies*, 1 (2): 169-187.
- Dünya Bankası (World Bank), [URL:http://data.worldbank.org/indicator](http://data.worldbank.org/indicator)
- Fodha, M. & Zaghdoud, O. (2010). "Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: an empirical analysis of the environmental Kuznets curve.", *Energy Policy*, 38: 1150-1156.
- Gangadharan, L. & Valenzuela, M.R. (2001). "Interrelationships between income, health and the environment: extending the environmental Kuznets curve hypothesis.", *Ecol. Econ*, 36: 513-531.
- Grossman, G.M. & Krueger, A.B. (1991). "Environmental impacts of North American free trade agreement.", *Natl Bureau Econ Res*, 3914.
- Grossman, G.M. & Krueger, A.B. (1995). "Economic growth and environment.", *QJ Econ*, 110:353-377.
- Hansen, L.P (1982). Large sample properties of Generalized Method of Moment Estimators. *Econometrica*, 50(4): 1029-1054.
- Hasnisah, A., Azlina, A.A. & Taib, C.M.I.C (2019). "The impact of renewable energy consumption on carbon dioxide emissions: Empirical evidence from developing countries in Asia.", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9 (3): 135-143.
- Jones, Larry E. ve Rodolfo, E. M. (1995) "A positive model of growth and pollution controls", 5205, NBER Working Paper.
- Kuznets, S. (1995). "Economic growth and income inequality.", *Am Econ Rev*, 45: 1-28.
- Lantz, V. &Feng, Q. (2006). "Assessing income, population, and technology impacts on CO₂ emissions in Canada: Where's the EKC?", *Ecological Economics*, 57 (2):229-238.
- Lee, S.-J. & Yoo, S.-H. (2016). "Energy consumption, CO₂ emissions, and economic growth: evidence from Mexico.", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(8):711-717.
- Lee, H. & Roland-Holst, D., (1997). "The environment and welfare implications of trade and tax policy," *Journal of Development Economics*, Elsevier, 52(1): 65-82,
- Moomaw, W.R. & Unruh, G.C. (1997). "Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO environment, *Dev Econ*, 2:451-463.
- Orubu, C.O. & Omotor, D.G. (2011). "Environmental quality and economic growth: searching for Environmental Kuznets Curves for air and water pollutants in Africa.", *Energy Policy*, 39: 4178-4188
- Panayotou, T. (1997). "Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a black box into a policy tool.", *Environment Dev Econ*, 2:465-484.
- Rootman, D. (2009). "How to do xtabond 2: An introduction to difference and system GMM in stata." *The stata Journal*, 9(1): 86-136.
- Selden, T.M. & Song, D. (1994) "Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?", *Environ Econ Manag*, 27: 147-162.
- Shafik, N. (1994). "Economic development and environmental quality: an econometric analysis.", *Oxf Econ Pap*, 46: 757-773.
- Soytaş, U. & Sari, R. (2007). "Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States.", *Ecol Econ*, 62:482-489.
- Suri, V. & Chapman, D. (1998). "Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve.", *Ecol. Econ.*, 25:195-208.

- Torras, M. & Boyce, J.K. (1998). "Income, inequality and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve.", *Ecol Econ*, 25: 147-160.
- Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency), URL: <https://www.iea.org/>
- Yazdi, S. K. & Beygi, E. G. (2018). "The dynamic impact of renewable energy consumption and financial development on CO₂ emissions: for selected African countries.", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 13 (1): 13-20.
- Zaidi, S. A. H., Danish, Hou, F. & Mirza, F. M. (2018). "The role of renewable and non-renewable energy consumption in CO₂ emissions: a disaggregate analysis of Pakistan.", *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 31616-31629.