

Karbon Emisyonu, Enerji Tüketimi ve Gelir: Avrupa Birliği Ülkeleri İçin Bir Mekansal Ekonometri Analizi

İpek AKAD¹

Ayten KAYA²



Öz



Makale Türü
Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi
02.11.2023

Kabul Tarihi
22.12.2023

DOI
10.47140/kusbder.1385185

Bu çalışmada 26 Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkenin 1990 - 2018 dönemi için Mekansal Panel Veri Analizi kullanılarak karbondioksit (CO₂) emisyonları, kişi başına düşen gelirleri ve enerji tüketimleri arasındaki ilişki ve bu ülkelerin birbirlerine mekansal etkileri test edilmiştir. Analizde kübik Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) modeli kullanılmış olup AB'nin beşinci ve en büyük genişleme dalgası olan 2004 yılı öncesi ve sonrası ele alınarak incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre 26 AB üyesi ülke için genişleme öncesi dönemde ÇKE'nin ters N biçimini almış olduğu genişleme sonrası dönemde ise ÇKE'nin ters U şeklini almış olduğu görülmüştür. Ayrıca modelde kullanılan kontrol değişkeni olan enerji tüketimi ile kişi başına düşen gelir arasında ise pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur. Sonuç olarak 26 AB üyesi ülkenin birbirlerine olan mekansal bağıllığı doğrulanmış ve bu bağıllığın pozitif yönlü olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: CO₂ emisyonu, çevresel kuznets eğrisi, mekansal panel veri analizi, enerji tüketimi, iklim değişikliği

Atıf için: Akad, İ. & Kaya, A. (2023). Karbon Emisyonu, Enerji Tüketimi ve Gelir: Avrupa Birliği Ülkeleri için Bir Mekansal Ekonometri Analizi. *Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 253-274

¹Sorumlu Yazar: Doktor Öğretim Üyesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu, Finans-Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, Bankacılık ve Sigortacılık Programı, E-posta: akadipek@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1048-2982>

²Profesör, Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari ve Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü İktisadi Gelişme ve Uluslararası İktisat Anabilim Dalı, E-posta: aysen.kaya@ege.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9486-5763>

Carbon Emissions, Energy Consumption, and Income: A Spatial Econometric Analysis for European Union Countries

İpek AKAD³Ayten KAYA⁴

Abstract



Article Type
Research Article

Application Date
2023-11-02

Acceptance Date
2023-12-22

DOI
10.47140/kusbder.1385185

In this study, the relationship between Carbon Dioxide (CO₂) emissions, per capita income, and energy consumption is tested with spatial panel data analysis for 26 European Union (EU) member countries, covering the years 1990 - 2018 and taking into account the spatial effects of the countries on one another. To this end, the periods before and after the EU's largest enlargement in 2004 are analyzed with the cubic EKC model. The findings of the study indicate, for the 26 EU member countries, that the EKC was in the form of an inverted N before enlargement, and is in the form of an inverted U after the enlargement. It also finds a positive relationship between energy consumption, which is the control variable we added to the model, and per capita income. In conclusion, the spatial dependence of EU member countries on one another is confirmed and it has been concluded that this dependence is positive.

Keywords: CO₂ emission, environmental kuznets curve, spatial panel data analysis, energy consumption, climate change

For Reference: Akad, İ. & Kaya, A. (20237). Karbon Emisyonu, Enerji Tüketimi ve Gelir: Avrupa Birliği Ülkeleri için Bir Mekansal Ekonometri Analizi. *Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 253-274

³Corresponding Author: Corresponding Author: Assistant Professor, Bitlis Eren University, Hizan Vocational School, Department of Finance-Banking and Insurance, Banking and Insurance Program, E-mail: akadipek@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1048-2982>

⁴ Professor, Ege University Faculty of Economics, Administration and Sciences, Department of Economics, Department of Economic Development and International Economics, E-mail: aysen.kaya@ege.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9486-5763>

Giriş

Enerji, ekonomik aktivitenin en önemli safhalarından biri olan üretim sürecinde vazgeçilmez bir öneme sahip olmasının yanında, dünya üzerinde birçok sorunun temelini de oluşturmaktadır. Mevcut üretim tekniğinin ve yaşamsal ihtiyaçların fosil kaynaklı enerjiye bağımlı olması bu sorunları daha da tetiklemekte, fosil enerji rezervlerinin coğrafi olarak yer küreye düzenli dağılmaması da birçok sıkıntıyı beraberinde getirmektedir (Zou vd., 2016). Bu sorunların başında enerji kaynaklarına hakim olma mücadelesi, siyasi çatışma, terörizm, enerjinin nasıl nakledileceği (enerji ticareti), enerji arz güvenliği ve iklim değişikliği gelmektedir. Bunlar içerisinde, bilimsel olarak tartışılan küresel iklim değişikliği ekonomik büyüme ve büyümeye endekli fosil kaynakların tüketimi sonucunda dünyanın karşı karşıya olduğu en büyük çevresel sorun olarak dikkat çekmektedir (Owusu ve Asumadu-Sarkodie, 2016). Bu nedenle ekonomik büyümeyi daha sürdürülebilir kılmak için çevresel uyum politikalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Roson ve Van der Mensbrugge, 2012).

Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) kavramı olarak ilk kez Selden ve Song'un (1994) çalışmasında kullanılmışsa da ortaya çıkışı Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılında yayınladığı "Ortak Geleceğimiz" adlı rapor ile olmuştur (Stern, 2004). Kişi başına düşen gelir ve çevresel kirlenme arasındaki bu ilişki ÇKE hipotezi ile ifade edilmektedir (Dinda, 2004). AB, zaman içerisinde hızla genişleyerek Avrupa kıtasındaki bir çok ülkeyi birliğe dahil etmiş ve coğrafi yakınlığın da etkisiyle hem sosyal hem de ekonomik olarak güçlü bir birlik haline gelmiştir (Stivachtis, 2008). Bu coğrafi yakınlığın, Marshall, (1898) tarafından ilk defa ortaya atılan dışsallıklar teorisine benzetilerek ülkelerin büyüme ve enerji kullanımında birbirlerini etkileyebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, 26 AB ülkesinin kendi içerisinde çevresel kirlilik yayma, enerji ihtiyacı, enerji ticareti gibi ekonomik aktivitelerle (üretim, ticaret, doğrudan yabancı yatırımlar, turizm) mekansal bağlılık içerisinde olup olmadıklarını ÇKE hipotezi ile araştırırken mekansal bağlılığı ampirik olarak test etmektir. Bu çerçevede, bu çalışmada teoriye uygun olarak birbirlerine sınırı olan 26 AB üye ülkesi için ÇKE modeli ile mekansal etki analizi yapılmıştır. Bu çalışmadaki amaç birbirlerini mekansal olarak etkileyen ülkelerin, enerji ve iklim politikalarını oluştururken mekansal olarak bağlılığın olduğunu bunun göz ardı edilemeyeceğini ampirik olarak kanıtlayarak literatüre katkı sağlamaktır.

Bu çalışma, iklim değişikliği ile mücadeleye, genelden özele yaklaşımı ile öncelikle bölgesel olarak odaklanmayı ve dışsallıklar teorisi üzerinden mekansal bağlılık ilişkisini test ederek çözüm önerisi sunmayı amaçlamaktadır. Dolayısıyla çalışmanın örneklemini oluşturan Avrupa kıtasındaki ülkelerin kişi başına düşen CO₂ emisyon

oranları dünya ortalaması ile karşılaştırmalı olarak Tablo 1’de verilmiştir. Tabloya göre Avrupa ülkelerinin çoğunda dalgalanmalar olsa da kişi başına düşen CO₂ emisyonları son 40 yıllık dönemde düşüş göstermekle birlikte AB bölgesinin CO₂ emisyon düzeyi hala dünya ortalamasının üzerindedir.

Tablo 1: Avrupa Ülkeleri ve Dünyada Kişi Başına Düşen CO₂ Emisyonları (metrik ton)

Ülkeler	1980	1990	2000	2010	2018
Avusturya	6.928	7.589	7.929	8.365	7.146
Belçika	13.723	10.966	11.440	9.771	8.179
Çekya	...	14.535	12.010	10.876	9.640
Danimarka	11.784	10.130	9.871	8.684	5.761
Finlandiya	12.186	10.941	10.644	11.658	8.042
Fransa	9.161	6.122	6.127	5.350	4.619
Almanya	...	12.026	10.096	9.451	8.558
Yunanistan	5.333	7.416	8.741	7.874	6.083
Macaristan	8.109	6.498	5.350	4.787	4.745
İzlanda	8.181	7.652	7.930	6.162	6.237
İrlanda	7.693	8.821	11.200	8.909	7.624
Hollanda	12.544	9.922	10.191	10.301	8.772
Portekiz	2.763	4.113	5.992	4.817	4.840
Romanya	8.853	7.440	3.960	3.827	3.845
Slovenya	...	6.771	7.310	7.717	6.774
Slovakya	...	10.343	7.064	6.575	6.058
İspanya	5.734	5.532	7.230	5.866	5.520
İsveç	8.634	6.233	6.005	5.132	3.538
İsviçre	6.414	6.452	6.084	5.777	4.401
Birleşik Krallık	10.286	9.724	9.001	7.675	5.398
Estonya	...	22.317	10.608	14.179	12.103
Hırvatistan	...	4.255	4.039	4.530	4.055
Letonya	...	7.051	2.927	4.061	3.959
Litvanya	...	8.713	3.003	4.068	4.137
İtalya	6.892	7.145	7.662	6.836	5.376
Lüksemburg	30.280	29.645	19.665	21.816	15.330
Polonya	13.059	9.189	7.729	8.247	8.235
Bulgaristan	8.744	8.437	5.303	6.064	5.854
Avrupa Bölgesi	...	8.426	8.193	7.441	6.454
Dünya	4.601	3.902	3.812	4.483	4.477

Kaynak: Dünya Bankası, World Development Indicators (WDI)

Fakat AB CO₂ emisyonlarını azaltma garantisini sıklıkla dile getiren bölgelerden biridir (Shahnazi ve Shabani, 2021). Temmuz 2021'de Avrupa Komisyonu, AB'nin iklim, enerji, arazi kullanımı, ulaşım ve vergilendirme politikalarını net sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar en az %55 azaltmaya uygun hale getirmek için bir teklif paketini kabul etti (Nijs, vd., 2021). Bu teklif paketi, 2050 yılına kadar Avrupa'nın dünyanın ilk iklim nötr kıtası olma hedefini ortaya koymaktadır.

İlgili Araştırmalar

Çevresel Kuznets eğrisi hipotezini model olarak kullanan, bu şekilde büyüme ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların sayısı oldukça fazladır. Literatürün başlangıcı olarak Grossman and Krueger'in (1991) teorik çalışması gösterilebilir. ÇKE literatüründe ilk olarak gelir-kirlilik ilişkisi araştırılmış (Holtz-Eakin and Selden, 1995; De Bruyn et al., 1998; Agras and Chapman, 1999; Roca et al., 2001; Dinda, 2004; Stern, 2004; Galeotti and Lanza, 2005; Dinda and Coondoo, 2006; Richmond and Kaufmann, 2006; Coondoo and Dinda, 2008; Akbostancı et al., 2009; He and Richard, 2010; Saboori et al., 2012), ardından gelir-enerji tüketimi ilişkisi araştırılmış (Stern, 1993; Squalli, 2007; Yuan et al., 2007; Belloumi, 2009; Ghosh, 2010; Ozturk, 2010; Payne, 2010), ve sonrasında da en yaygın haliyle gelir-CO₂-enerji tüketimi ilişkisi ampirik çalışmalarla analiz edilmiş (Soytaş et al. 2007; Ang, 2007, 2009; Soytaş and Sari, 2009; Halicioğlu, 2009; Zhang and Cheng, 2009; Ozturk and Acaravci, 2010; Chang, 2010; Apergis and Payne, 2009a, Apergis and Payne, 2010; Pao and Tsai, 2010; Lean and Smyth, 2010; Wang et al., 2011) ve ÇKE'nin ülke ve ülke grupları için geçerli olup olmadığı araştırılmıştır.

Mekansal ekonometrik analiz yöntemiyle ÇKE modelini analiz eden ilk çalışmalardan biri Rupasingha et al. (2004)'un çalışmasıdır. Çalışmanın örneklemini 3029 Amerika Birleşik Devletleri (ABD) kıta eyaletlerinden oluşturulmuş ve klasik ÇKE modeline kontrol değişkeni olarak nüfus yoğunluğu, etnik çeşitlilik gibi değişkenler dahil edilerek mekansal analiz uygulamış ve analiz sonucunda ters U şeklinde bir ilişki elde edilmiştir. Analizin devamında gelir değişkeninin kübik formda modele eklenmesiyle ters U şeklindeki polinomun pozitif eğimli bir kuyruk etkisi gözlemlenmiştir. Sonuç olarak gelirin artmaya devam etmesi, kirliliği önünde sonunda artıran bir faktör olarak yorumlanmıştır. Burnett and Bergstrom (2010), 1963-2001 yılları için ABD eyalet düzeyinde ÇKE modelini mekansal dinamik panel analizi ile araştırmıştır. Bu çalışmada, ters U ilişkisi doğrulanmış ve de CO₂ emisyonu ile eyalet düzeyinde gelirin mekansal olarak bağımlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Maddison (2006), beş farklı gazın kirlilik göstergesi olarak kullandığı çalışmasında 135 ülkede 1990-1995 yılları için panel ÇKE'yi test etmiştir. Bu çalışmaya göre, komşu ülkenin emisyonu bir diğerrinin emisyonunu güçlü bir şekilde etkilemektedir. Donfouet ve Jeanty, (2013) çalışmalarında ÇKE hipotezini AB üyesi 15 ülke için kanıtlamakla

birlikte bu ülkeler arasında mekansal bağımlılık olduğu sonucuna ulaşmıştır. Yakın dönemde yapılan bir çalışmada ise Shahnazi ve Shabani, (2021) AB üyesi ülke örnekleme ile elde ettiği sonuçlarda, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu ve ekonomik özgürlük ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin U şeklinde olduğu sonucuna ulaşmıştır. Buna ek olarak hesapladıkları gecikme katsayısı ile bir ülkenin CO₂ emisyonlarının komşu ülkelerle pozitif korelasyon içinde olduğunu ampirik olarak kanıtlamıştır.

Bu çalışma literatürden farklı olarak, birbirlerine sınırı olan 26 Avrupa Birliği üyesi ülke için 2004-2007 genişleme dönemi öncesi ve sonrası ayrı ayrı tahminlenerek karşılaştırılmıştır. AB'nin 2004 sonrasında birliğe üye olan ülkelerin entegre bir üretim zincirine dahil olduklarında emisyon seviyelerinin de farklılaşması beklenmektedir (De Araujo vd., 2020).

Metodoloji

Bu çalışmada AB'nin genişleme öncesi (1990-2004) dönemi ve genişleme sonrası (2004-2018) dönemini kapsayan iki ayrı ÇKE modeli ile CO₂ emisyonları, enerji tüketimi ve gelir arasındaki ilişki mekansal panel veri yöntemiyle araştırılmaktadır. Aşağıda bu modelde kullanılan veriler ve yöntem açıklanmaktadır.

Veri Kaynakları

Bu bölümde kirlilik verisi olarak kişi başına düşen CO₂ emisyonları International Energy Agency'nin "CO₂ Emissions from Fuel Combustion" adlı 2020 yılı istatistiklerinden elde edilmiştir. Enerji verisi, Dünya Bankası veri tabanından alınmış ve son olarak gelir değişkeni yerine, yine literatüre uygun olarak kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) verisi kullanılmıştır. 2005 yılı sabit fiyatlarına göre hesaplanmış kişi başına düşen gelir, Dünya Bankası WDI veri tabanından elde edilmiştir.

Tablo 2: Veri Seti ve Veri Tabanı

Değişken Adı	Veri Kaynağı	Simge
Kişi Başına Düşen Karbondioksit Salınımı	Uluslar Arası Enerji Ajansı (IEA)	CO ₂
Kişi Başına Düşen Gelir	Dünya Bankası Veritabanı	Y
Enerji Tüketimi	Dünya Bankası Veritabanı	Ec

Çalışmadaki tüm değişkenler logaritmiktir. Kişi başına düşen gelirin (Y) karbondioksit salınımla (CO₂) ilişkisinin ters U şeklinde olduğunu kanıtlamak amacıyla Y'nin karesi ve kübü hesaplanarak modele bağımsız değişken olarak eklenmiştir. Kurgulanan ekonometrik model denklem 1'de gösterilmektedir.

$$\ln CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_{it} + \beta_2 (\ln Y_{it})^2 + \beta_3 (\ln Y_{it})^3 + \beta_4 (\ln Ec)_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Bu modelin tahmin sonuçlarında ÇKE hipotezinin geçerli olabilmesi için Y' 'nin pozitif, Y^2 'nin negatif ve son olarak Y^3 'ün ise sıfır olması beklenmektedir.

Verilerin Analizi

Çalışmada Avrupa Birliği ülkelerinin CO₂ salınımları ve gelirleri arasındaki ilişkinin mekansal açıdan birbirini etkileyip etkilemediğini sınamak için MATLAB (2010) paket programı kullanılarak Mekansal Panel Veri Analizi uygulanmıştır. Mekansal panel veri analizinde mekansal korelasyonun yönü ve derecesi modellenmektedir. Yani komşu ya da benzer mekanlardaki bağımlı değişkenin durumunun, mevcut mekana ait bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmektedir (Zeren ve Ergun, 2010:76). Klasik panel veri modeli mekan ve zaman boyutunu dikkate almadığı için tahmin sonuçları bazen anlamlı çıkmayabilir. Diğer taraftan en küçük kareler yöntemi ile tahminlenen panel veri setleri mekan etkilerini ortaya koyma açısından etkili değildir (Önder vd., 2007:13). Ayrıca panel veri analizi doğrusal bağlantı sorununa yol açmaması nedeniyle daha avantajlıdır. Sonuç olarak panel veri yöntemiyle yapılan çalışmalar daha etkili sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Eom, Lee ve Xu, 2008:576). Çalışma kapsamında ise örneklemdaki her bir birim için birden fazla gözlem olanağı sağlayan, bununla birlikte heterojenlik ihtimalinin yüksek olduğu ülke, bölge ve firma analizlerinde bu heterojenlikleri hesaba katarak analiz yapma imkanı sunan panel veri analizi kullanılmıştır (Baltagi, 1995).

Mekansal ekonometri, ekonometrinin mekansal etkileri araştıran bir alt dalıdır (Anselin, 1988). Son dönemlerde “her şey her şey ile ilgilidir, ancak yakın şeyler daha fazla ilgilidir” tezinin dikkate alınmasıyla mekansal ekonometri daha sık gündeme gelmiştir (Anselin ve Bera, 1998:240).

Ekonometrik kesit veri çalışmalarında coğrafi komşuluk ilişkisini veya bir diğer deyişle mekansal bağımlılığı ifade etmek için matris yaklaşımı kullanılır, bu matris örneklem içerisindeki bölgelerin birbiriyle etkileşim derecesine göre ağırlıklandırılır ve bu ağırlıklara göre bölgeler arası etkileşimin derecesi metrik olarak ifade edilebilir (Zeren, 2010).

Örnekleme oluşturan gözlem sayısı n olmak üzere $n \times n$ boyutunda bir mekansal ağırlık matrisi W oluşturulur. Gumprecht (2005), matrisi oluşturan her bir bölgenin (i) diğer bölge (j) ile ilişkisi şu şekilde ifade edilir; w_{ij} 1 ise i ve j komşudur, 0 ise i ve j komşu değildir (Zeren, 2010). Ağırlık matrisinde bu işlem sonrasında satır toplamının 1 olması gereklidir. Çalışma, Apergis ve Payne (2009b)'nin kullandığı panel modelini takip etmektedir. Kirlilik, gelir ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi gösteren model denklem 2 şeklinde gösterilebilir:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1 EC_{it} + \beta_2 Y_{it} + \beta_3 Y_{it}^2 + \beta_4 Y_{it}^3 + \epsilon_{it} \quad (2)$$

Model 1’de yer alan E, çevresel zararı; EC: enerji tüketimini; Y, kişi başı düşen geliri; Y2 milli gelirin karesini; Y3 kişi başı düşen gelirin kübünü; t, zamanı; i, ülkeleri; ϵ , hata terimini göstermektedir. Bu çalışmada tahminlenecek doğal ÇKE modeli ise aşağıdaki denklem 3’de gösterilmektedir.

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_{1i} EC_{it} + \beta_{2i} Y_{it} + \beta_{3i} Y_{it}^2 + \beta_{4i} Y_{it}^3 + \epsilon_{it} \quad (3)$$

Model 2’de yer alan CO_2 , kişi başına düşen karbondioksit emisyon miktarını; EC, kişi başına düşen enerji tüketimini; Y, 2005 sabit fiyatlarla hesaplanan kişi başına düşen GSYİH’yı göstermektedir. Ayrıca Model 2’deki değişkenlerinin tümünün logaritması alınmıştır. Model 2 denklem 4’te gösterilmektedir;

$$\ln(CO_{2it}) = \beta_0 + \beta_{1i} \ln(EC_{it}) + \beta_{2i} \ln(Y_{it}) + \beta_{3i} (\ln(Y_{it}))^2 + \beta_{4i} (\ln(Y_{it}))^3 + u_{it} \quad (4)$$

Bu çalışmada AB için mekansal uygulama yaparken mekansal gecikmeli model ya da mekansal hata modelinden hangisinin kullanılacağını belirlemek için yapılmış olan Lagrange Multiplier (LM) testinde Sabit Etkiler Mekansal Gecikme Modeli uyumlu çıkmıştır (LM Test sonuçları bulgular bölümündeki Tablo 4 ve 7’de yer almaktadır). Sabit Etkiler-Mekansal Gecikme Modeli denklem 5 ile gösterilmektedir.

$$y_{it} = \rho W(y)_{it} + X_{it}\beta + \epsilon_{it} \quad (5)$$

ρ = mekansal otokorelasyonu gösterir. $|\rho|$ ise 1’den küçük değer almalıdır.

Çalışma kapsamında tahminlenmiş olan sabit etkiler – mekansal gecikme modeli ise aşağıdaki denklem 6 ile gösterilmektedir;

$$y_{it} = \rho W(y)_{it} + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \beta_4 X_{4it} + \epsilon_{it} \quad (6)$$

ρ : Mekansal Etkiyi, X_1 : EC (Enerji Tüketimi),

X_2 : Y (Kişi Başına Düşen Gelir)

X_3 : Y^2 (Kişi Başına Düşen Gelirin Karesi),

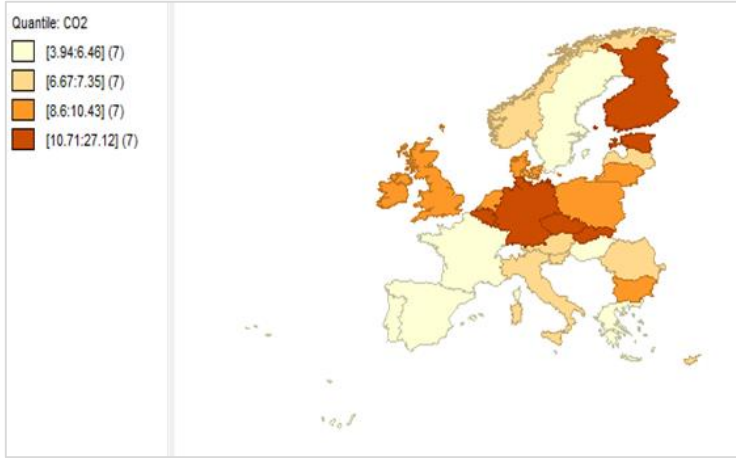
X_4 : Y^3 (Kişi Başına düşen Gelirin Kübü)

i ve t ise sırasıyla mekan ve zaman boyutlarını ifade etmektedirler.

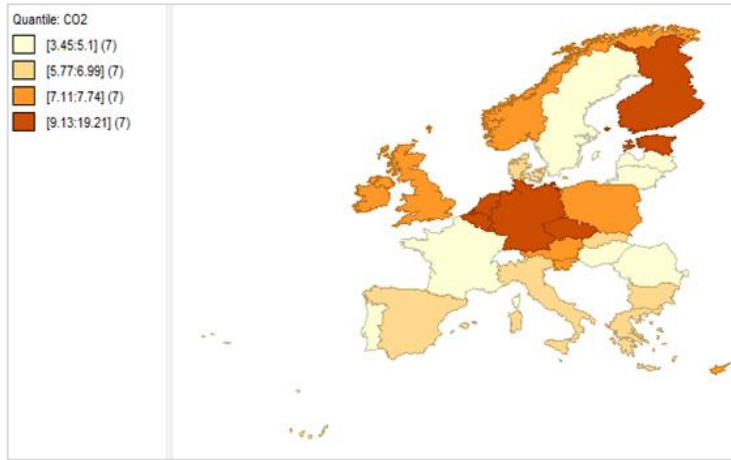
Bulgular

Bu bölümde ilk olarak AB üyesi 14 ülkenin 1990-2004 yıllarına ait bulgularına yer verilmiştir. 1990-2004 yılları arasında AB üye ülke sayısı 15 olmasına rağmen analize Yunanistan diğer 14 ülkeyle sınır komşusu olmadığından dahil edilmemiştir.

Şekil 1 ve 2’deki Avrupa kıtasına ait 1990 ve 2018 yılları için GeoDa Programı kullanılarak elde edilen ısı haritalar görülmektedir.



Şekil 1: AB ülkeleri CO2 Salınımı Isıl Haritası (1990)



Şekil 2: AB ülkeleri CO2 Salınımı Isıl Haritası (2018).

Kaynak: Yazarlar tarafından GeoDa Programı kullanılarak elde edilmiştir.

Bu haritalardaki renk tonlamaları koyudan açığa gittikçe CO₂ emisyonlarının azaldığını göstermektedir. 1990 yılından 2018 yılına kadar geçen 29 yıllık sürede, CO₂ emisyon oranlarının kıtaya ait çoğu ülkede giderek azalması, ortak bir iklim politikaları fiili olarak olmasa da, yakın coğrafyaların birbirlerini pozitif yönde etkiledikleri sonucuna ulaşılabilir. Bu çalışmadaki amaç da birbirlerini mekansal olarak etkileyen ülkelerin, enerji ve iklim politikalarını oluştururken mekansal bağlılığın göz ardı edilemeyeceğini ampirik olarak kanıtlamaya çalışmaktır.

Tablo 3: Panel En Küçük Kareler Yöntemi (Panel OLS) Bağımlı Değişken CO₂

	Ec	Y	Y ²	Y ³
Katsayı	0.418*	93,198	-9,153	0,300
t-istatistiği	6,474	1,347	-1,376	1,412
R ² :0.66				
N:210				

*p<0.05

Mekan etkisini göz önüne almadan En Küçük Kareler (EKK) yöntemi uygulandığında 14 AB üyesi ülke için sonuçlar ÇKE hipotezini destekler nitelikte çıkmamıştır. Ayrıca Enerji değişkeni dışındaki değişkenler anlamsız çıkmıştır. Analizin ikinci aşamasında modelin mekansal gecikmeli modeli mi yoksa mekansal hata modeli mi olduğuna karar vermek için Lagrange Multiplier (LM) Test uygulanmıştır. Test Sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir

Tablo 4: Model Seçimi için Lagrange Multiplier (LM) Testi Sonuçları

Test	Katsayı	Anlamlılık	Sonuçlar
LM Test	3.491	0.062*	Mekansal gecikme yok
Dirençli LM Test	1.253	0.263	Mekansal gecikme yok
LM Test	2.543	0.111	Mekansal hata yok
Dirençli LM Test	0.305	0.580	Mekansal hata yok

*p<0.05

Tahminden önce veriyi en iyi temsil edecek uygun panel veri modeli türüne karar vermek için bazı testler yapılır. F testi havuzlanmış model ile sabit etki modeli seçim kararını vermeyi sağlar. LM Testi, tahmin yöntemi olarak mekansal gecikmeli ya da mekansal hata modeli seçimi durumunda kullanılır. İstatistiksel olarak LM Test ve Dirençli LM Test sonuçları aynı tabloda verilmiş, her iki model seçimi için olasılık değerleri eşit ve anlamlı çıkması durumunda Dirençli LM test sonuçları kullanılmalıdır. Çalışmada LM Test sonuçlarına göre Mekansal Gecikme Modeli 0.062 olasılık değeriyle anlamlı çıkmış ve bu modelin kullanılması uygun bulunmuştur. Mekansal Gecikmeli Model tahmin sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir.

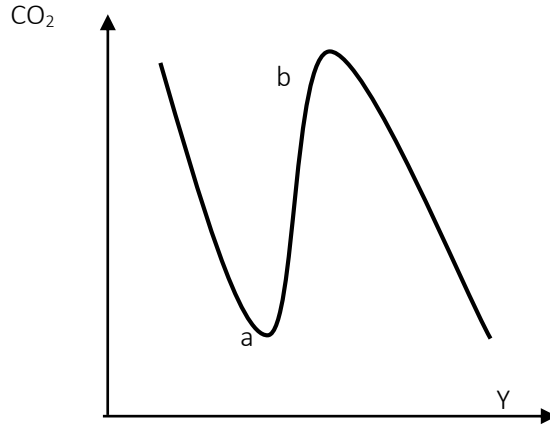
Tablo 5'teki sonuçlara göre AB üyesi 14 ülke arasında mekansal etkileşim söz konusudur. Ayrıca yine bu ülkeler için EKC hipotezinin geçerliliği kanıtlanmıştır. Değişkenlerin işaretleri teoriye uygundur. Diğer taraftan mekan etkisini gösteren ρ değeri de anlamlı sonuçlar vermiştir. ρ katsayı değeri 0,10 çıkmıştır. Bu bize mekan etkisinin olduğunu ve bu etkinin pozitif yönlü olduğunu göstermektedir.

Tablo 5: Mekansal Gecikmeli Bağımlı Değişken Modeli, Sonuçlar

	Ec	Y	Y ²	Y ³
Katsayı	1.420 *	-49,635*	4,583 *	-0,141*
t-istatistiği	29,586	-3,540	3,453	-3,387
R ² :0.99				
N:210				
σ ² : 0.008				
p: 0.10				

*p<0.05

AB üyesi 14 ülke için tahmin sonuçları, bu ülke grubu için ÇKE'nin bir ters N eğrisi çizdiğini göstermektedir. Ters N eğrisi şu şekilde açıklanabilir; AB üyesi 14 ülkenin kişi başına düşen gelirleri arttıkça CO₂ salınımları önce azalan, sonra artan sonra tekrar azalan bir seyir izlemektedir.



Şekil 3: Kübik Formda Çevresel Kuznets Eğrisi

Buradan teorik olarak bir politika sonucu çıkarabilmesi için elde edilen kübik fonksiyonun dönüm noktalarını sayısal olarak ifade etmek gerekmektedir. Aşağıdaki formüller (Formül 1 ve Formül 2) kullanılarak fonksiyonun dönüm ve büküm noktasını hesaplamak mümkündür (Aslan, 2010).

$$\text{Formül 1: } \frac{-\beta_3 \pm \sqrt{\beta_3^2 - 3\beta_2 \beta_4}}{3\beta_4}$$

$$\text{Formül 2: } -\frac{\beta_3}{3\beta_4}$$

Formül 1 ve 2 kullanılarak hesaplanan büküm noktalarına göre; AB üyesi 14 ülkenin kişi başına düşen geliri yaklaşık 10000 dolar seviyesine ulaştıktan sonra (a noktası) CO₂ salınımları artış eğilimi gösterirken kişi başına düşen gelir 11000 dolar düzeyine geldiğinde ise (b noktası) CO₂ salınımları da azalış eğilimi göstermektedir.

Analizin ikinci bölümünde AB üyesi 26 ülke analize dahil edilmiş, analizin kapsadığı dönem ise AB'nin en büyük genişleme dalgasının yaşandığı 2004 yılından başlayıp 2018 yılında son bulmuştur. Tablo 5'te EKK Yöntemine göre tahmin sonuçları ÇKE Hipotezini destekler nitelikte çıkmamıştır.

Tablo 6: Panel En Küçük Kareler Yöntemi (Panel OLS) Sonuçları Bağımlı Değişken CO₂

	Ec	Y	Y ²	Y ³
Katsayı	2,355	-3,024*	0,278*	-0,015*
t-istatistiği	4,994	-3,262	3,552	-3,370
R ² :0.61				
N:384				

*p<0.05

Kişi Başına Düşen Gelir Düzeyinin pozitif, karesinin ise negatif ve kübününse sıfır olması beklenirken işaretler beklendiği şekilde tahmin sonuçlarına yansımamıştır. Ayrıca modele kontrol değişkeni olarak eklenen enerji tüketimi beklendiği gibi pozitif çıkmış ancak anlamlı bulunmamıştır. Analizin ikinci aşamasında modelin mekansal gecikmeli modeli mi yoksa mekansal hata modeli mi olduğuna karar vermek için Lagrange Multiplier (LM) Test uygulanmıştır. Test sonuçları Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7: Model Seçimi için Lagrange Multiplier (LM) testi Sonuçları

Test	Katsayı	Anlamlılık	Sonuçlar
LM Test	10,002	0.002*	Mekansal gecikme yok
Dirençli LM Test	14,241	0.000	Mekansal gecikme yok
LM Test	2,209	0.137	Mekansal hata yok
Dirençli LM Test	6,448	0,011	Mekansal hata yok

*p<0.05

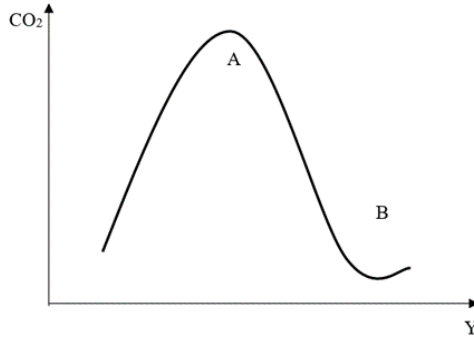
AB'nin 26 ülkesi için model seçiminde mekansal gecikmeli model anlamlı bulunduğu için burada bu model kullanılacaktır. Tahmin sonuçları Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 7'deki Mekansal Gecikmeli Modele ilişkin tahminleme sonuçlarına göre AB üyesi 26 ülke arasında mekansal etkileşim söz konusudur. Ayrıca yine bu ülkeler için ÇKE hipotezinin geçerliliği kanıtlanmıştır. Değişkenlerin işaretleri teoriye uygundur. Diğer taraftan mekan etkisini gösteren p değeri de anlamlı sonuçlar vermiştir. p katsayı değeri 0,34 çıkmıştır. Bu sonuç mekan etkisinin olduğunu ve bu etkinin pozitif yönlü olduğunu göstermektedir.

Tablo 8: Mekansal Gecikmeli Bağımlı Değişken Modeli Sonuçları (Sabit Etkiler)
Bağımlı Değişken CO₂

	Ec	Y	Y ²	Y ³
Katsayı	-0,375*	1,254*	-0,171*	0,013*
t-istatistiği	-1,345	2,429	-3,938	4,649
R ² :0.61				
N:384				
σ ² : 0.009				
ρ: 0.34				
*p<0.05				

Analizde ÇKE'nin önce artan sonra azalan ve sıfır noktasına yakın bir noktada bükülmesi bir nevi ters U şekli oluşturduğu söylenebilir. Y3 değerinin 0,013 gibi bir katsayı olması Şekil 4'teki gibi bir görüntü ortaya çıkarmıştır. AB üyesi 26 ülke için Formül 1 kullanılarak ÇKE'nin dönüm ve büküm noktaları hesaplanmıştır. Kişi başına gelir yaklaşık 8000 dolardan sonra arttıkça (A noktasından B noktasına gidildikçe) CO₂ salınımlarını azaltmaya başlar. B noktası için hesaplanan kişi başına gelirin 48000 dolardan sonra artması ise CO₂ salınımlarını tekrar artış trendine geçirecektir.



Şekil 4: Kübik Formda Çevresel Kuznets Eğrisi

Tartışma ve Sonuç

Yüksek düzeyde yenilenemeyen/fosil enerji tüketimi insan sağlığı ve yaşadığımız çevre üzerinde ciddi hasarlar yaratabilir (Fotourehchi ve Çalışkan, 2018). Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek, hava kirliliğinin azalması ve küresel ısınmayı azaltmak için kullanılması gereken en önemli enerji kaynaklarıdır (Şaşmaz vd., 2021).

Avrupa Birliği'nin iklim politikaları zaman içerisinde evrilmiş, 2020 hedefi olarak mevcut sera gazı salınımlarını %20 dolayında azaltmaya yönelik oldukça güçlü bir enerji ve iklim politikası planını kabul etmiştir. AB'nin yenilenebilir enerji tüketim

hedefi 2020 yılına kadar %20 iken 2030 yılı hedefi ise %32 olarak belirlenmiştir. Gittikçe genişleyen bu birlik, artık daha çok yenilenebilir enerji kullanımına öncelik vermeye başlamış ve büyüme ile kirliliğin göstergesi olarak kabul edilen CO₂ salınımları arasında artık negatif bir ilişki yakalamıştır.

Bu çalışmada mekansal panel veri analizinin sonuçlarına göre ve literatüre uygun olarak, mekansal gecikmeli bağımlı değişken modelinde ÇKE doğrulanmıştır. Yine analiz sonuçlarına göre mekansal bağımlılık ilişkisinin var olduğu, bu ilişkinin benzemezlik üzerine olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Avrupa birliği üye ülkeleri arasında rekabete dayanan bir mekansal etkileşimin varlığından söz edilmektedir.

Çalışmadaki analizin başlangıç yılı olan 1990'daki birlik üyesi ülkelerin emisyon miktarına göre 2018 yılındaki emisyon miktarlarında bir düşüş gerçekleşmiştir. Buna ek olarak AB ülkeleri arasındaki mekansal etkileşimin pozitif olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla AB üye ülkelerinin, enerji ve iklim değişikliği ile ilgili müzakerelerde birlikte hareket etmeleri sonucunda elde ettikleri olumlu gelişmelere paralel olarak geliştirilen ve geliştirilecek politikaları kolektif bir uyum içerisinde bir bütünü kapsayacak şekilde uygulaması beklenmektedir.

Makalenin Araştırma ve Etik Beyanı Bilgileri

Yazarın Çıkar Çatışması Beyanı	Araştırmaya konu olan durum, olgu veya kurum ile yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.
Yazar(lar) Katkı Oranı Beyanı	Çalışmanın tamamlanmasında birinci yazarın katkı oranı % 70, ikinci yazarın katkı oranı % 30'dur.
Etik Kurul Onay Belgesi	Araştırma/inceleme sırasında etik kurul onay belgesi gerektiren herhangi bir bilimsel yöntem kullanılmamıştır.

Kaynakça

- Anselin, L. (1988). Spatial econometrics: methods and models (Vol. 4). *Springer Science & Business Media*.
- Anselin, L. ve Bera, A.K. (1998), "Spatial Dependence in Linear Regression Models with an Introduction to Spatial Econometrics", *Handbook of Applied Economic Statistics*/Edited by Aman Ullah, David E. A. Giles, USA, s: 237-289.
- Agras, J., & Chapman, D. (1999). A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Ecological Economics*, 28(2), 267-277. (Doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00040-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00040-8)).
- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S., & Tunç, G. İ. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets curve?. *Energy Policy*, 37(3), 861-867. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.088>).

- Ang, J. B. (2007). CO₂ emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35(10), 4772-4778. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.032>).
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009a). CO₂ emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, 37(8), 3282-3286. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.048>).
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009b). Energy consumption and economic growth in Central America: evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy Economics*, 31(2), 211-216. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.09.002>).
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). The emissions, energy consumption, and growth nexus: evidence from the commonwealth of independent states. *Energy Policy*, 38(1), 650-655. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.029>).
- Aslan, F. (2010). İktisadi Büyümenin Ekolojik Sınırları ve Kalkınmanın Sürdürülebilirliği. Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara
- Baltagi, B. H., & Baltagi, B. H. (2008). Econometric analysis of panel data (Vol. 4). *Chichester: Wiley*. (Doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5>).
- Belloumi, M. (2009). Energy consumption and GDP in Tunisia: Cointegration and causality analysis. *Energy Policy*, 37(7), 2745-2753. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.027>).
- Chang, C. C. (2010). A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China. *Applied Energy*, 87(11), 3533-3537. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.05.004>).
- Coondoo, D., & Dinda, S. (2008). Carbon dioxide emission and income: A temporal analysis of cross-country distributional patterns. *Ecological Economics*, 65(2), 375-385. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.001>).
- De Araújo, I. F., Jackson, R. W., Neto, A. B. F., & Perobelli, F. S. (2020). European union membership and CO₂ emissions: A structural decomposition analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, 55, 190-203. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.06.006>).
- De Bruyn, S. M., van den Bergh, J. C., & Opschoor, J. B. (1998). Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, 25(2), 161-175. (Doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00178-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00178-X)).
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>).
- Dinda, S., & Coondoo, D. (2006). Income and emission: a panel data-based cointegration analysis. *Ecological Economics*, 57(2), 167-181. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.028>).
- Donfouet, H. P. P., Jeanty, P. W., & Malin, E. (2013). A spatial dynamic panel analysis of the environmental Kuznets curve in European countries. *Center for Research in Economics and Management (CREM)*, Economics working paper archive, 18, 1-16.
- Eom, T.H., Lee, S.H. & Xu, H. (2008). Introduction to Panel Data Analysis: Concepts and Practices. In Miller, G.J. & Yang, K. (Eds.), *Handbook of Research Methods in Public Administration* (pp. 575-594). Middletown, Pennsylvania: CRC Press.

- Fotourehchi, Z., & Çalışkan, Z. (2018). Is it possible to describe a Kuznets curve for health outcomes? An empirical investigation. *Panoeconomicus*, 65(2), 227-238. (Doi: <https://doi.org/10.2298/PAN150814011F>).
- Galeotti, M., & Lanza, A. (2005). Desperately seeking environmental Kuznets. *Environmental Modelling & Software*, 20(11), 1379-1388. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2004.09.018>).
- Ghosh, S. (2010). Examining carbon emissions economic growth nexus for India: a multivariate cointegration approach. *Energy Policy*, 38(6), 3008-3014. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.040>).
- Grossman GM, Krueger AB. Environmental impacts of a North American free trade agreement. Working Paper No. 3914. *Cambridge: National Bureau of Economic Research*; 1991.
- Gumprecht, D. (2005). Spatial Methods in Econometrics. An Application to R&D Spillovers. (December 2005 ed.) Department of Statistics and Mathematics, *WU Vienna University of Economics and Business. Research Report Series / Department of Statistics and Mathematics No. 26*
- Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.012>).
- He, J., & Richard, P. (2010). Environmental Kuznets curve for CO₂ in Canada. *Ecological Economics*, 69(5), 1083-1093. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.030>).
- Holtz-Eakin, D., & Selden, T. M. (1995). Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57(1), 85-101. (Doi: [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(94\)01449-X](https://doi.org/10.1016/0047-2727(94)01449-X)).
- Lean, H. H., & Smyth, R. (2010). CO₂ emissions, electricity consumption and output in ASEAN. *Applied Energy*, 87(6), 1858-1864. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.02.003>).
- LeSage, J., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. Chapman and Hall/CRC. (Doi: <https://doi.org/10.1201/9781420064254>).
- Maddison, D. (2006). Environmental Kuznets curves: A spatial econometric approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 51(2), 218-230. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2005.07.002>).
- Marshall, A. (1898). Distribution and exchange. *The Economic Journal*, 8(29), 37-59. (Doi: <https://doi.org/10.2307/2956696>).
- Nijs, W., Tarvydas, D., & Toleikyte, A. (2021). EU challenges of reducing fossil fuel use in buildings. *Publications Office of the European Union: Luxembourg*. (Doi: <https://doi.org/10.2760/85088>).
- Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1), 1167990. (Doi: <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>).
- Ozturk, I. (2010). A literature survey on energy-growth nexus. *Energy Policy*, 38(1), 340-349. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.024>).

- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2010). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.005>).
- Önder, A. Ö., Karadağ, M., & Deliktaş, E. (2007). The effects of public capital on regional convergence in Turkey. *Ege University Department of Economics Working Paper Series*, 7(01).
- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2010). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy*, 38(12), 7850-7860. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.045>).
- Payne, J. E. (2010). Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth. *Journal of Economic Studies*, 37(1), 53-95. (Doi: <https://doi.org/10.1108/01443581011012261>).
- Richmond, A. K., & Kaufmann, R. K. (2006). Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions?. *Ecological Economics*, 56(2), 176-189. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.01.011>).
- Roca, J., Padilla, E., Farré, M., & Galletto, V. (2001). Economic growth and atmospheric pollution in Spain: discussing the environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics*, 39(1), 85-99. (Doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00195-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00195-1)).
- Roson, R., & Van der Mensbrugge, D. (2012). Climate change and economic growth: impacts and interactions. *International Journal of Sustainable Economy*, 4(3), 270-285. (Doi: <https://doi.org/10.1504/IJSE.2012.047933>).
- Saboori, B., Sulaiman, J., & Mohd, S. (2012). Economic growth and CO₂ emissions in Malaysia: a cointegration analysis of the environmental Kuznets Curve. *Energy Policy*, 51, 184-191. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.065>).
- Şaşmaz, M. U., Karamıklı, A., & Akkücük, U. (2021). The relationship between renewable energy use and health expenditures in EU countries. *The European Journal of Health Economics*, 22(7), 1129-1139. (Doi: <https://doi.org/10.1007/s10198-021-01312-1>).
- Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162. (Doi: <https://doi.org/10.1006/jjeem.1994.1031>).
- Shahnazi, R., & Shabani, Z. D. (2021). The effects of renewable energy, spatial spillover of CO₂ emissions and economic freedom on CO₂ emissions in the EU. *Renewable Energy*, 169, 293-307. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.016>).
- Soytas, U., Sari, R., & Ewing, B. T. (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. *Ecological Economics*, 62(3-4), 482-489. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.009>).
- Soytas, U., & Sari, R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 68(6), 1667-1675. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.06.014>).
- Squalli, J. (2007). Electricity consumption and economic growth: Bounds and causality analyses of OPEC members. *Energy Economics*, 29(6), 1192-1205. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.10.001>).

- Stern, D. I. (1993). Energy and economic growth in the USA: a multivariate approach. *Energy Economics*, 15(2), 137-150. (Doi: [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(93\)90033-N](https://doi.org/10.1016/0140-9883(93)90033-N)).
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>).
- Stivachtis, Y. A. (2008). Civilization and international society: the case of European Union expansion. *Contemporary Politics*, 14(1), 71-89. (Doi: <https://doi.org/10.1080/13569770801913223>).
- Wang, S. S., Zhou, D. Q., Zhou, P., & Wang, Q. W. (2011). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in China: A panel data analysis. *Energy Policy*, 39(9), 4870-4875. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.032>).
- Yuan, J. H., Kang, J. G., Zhao, C. H., & Hu, Z. G. (2008). Energy consumption and economic growth: evidence from China at both aggregated and disaggregated levels. *Energy Economics*, 30(6), 3077-3094. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.03.007>).
- Zeren, F., & Ergun, S. (2010). AB'ye Doğrudan Yabancı Yatırım Girişlerini Belirleyen Faktörler: Dinamik Panel Veri Analizi. *Business and Economics Research Journal*, 1(4), 67.
- Zhang, X. P., & Cheng, X. M. (2009). Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. *Ecological Economics*, 68(10), 2706-2712. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.011>).
- Zou, C., Zhao, Q., Zhang, G., & Xiong, B. (2016). Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era. *Natural Gas Industry B*, 3(1), 1-11. (Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ngib.2016.02.001>).

Carbon Emissions, Energy Consumption, and Income: A Spatial Econometric Analysis for European Union Countries

Extended Summary

Purpose and Significance

Environmental Kuznets Curve (EKC) was first used as a concept in the study of Selden and Song (1994), its emergence occurred with the report titled "Our Common Future" published by the World Commission on Environment and Development in 1987 (Stern, 2004). This relationship between per capita income and environmental pollution is expressed by the EKC hypothesis (Dinda, 2004). The EU has expanded rapidly over time, including many countries on the European continent, and has become a strong union both socially and economically with the effect of geographical proximity (Stivachtis, 2008). It is thought that this geographical proximity may affect each other in the growth and energy use of countries, similar to the theory of externalities first put forward by Marshall (1898).

Based on this, the aim of this study is to empirically test with the EKC hypothesis whether the 26 EU countries are spatially connected with economic activities such as environmental pollution, energy needs, and energy trade. A major contribution of this study is the finding that countries that affect each other spatially are spatially dependent when creating energy and climate policies.

This study focuses on the fight against climate change primarily regionally, with a general-to-specific approach, and intends to offer a solution by testing the spatial dependency relationship through the theory of externalities.

Unlike previous studies, this study compares the situation before the 2004-2007 EU enlargement to the period following it, when the number of member countries hit 26. It is expected that the emission levels of the EU member countries after 2004 will differ when they are included in an integrated production chain (De Araújo et al., 2020).

Method

In the study, Spatial Panel Data Analysis is applied using the MATLAB (2010) package program to test whether the relationship between CO₂ emissions and incomes of the European Union countries affect each other spatially. The direction and degree of spatial correlation are modeled in spatial panel data analysis. In other words, it

measures the effect of the situation of the dependent variable in neighboring or similar places on the dependent variable of the current place (Zeren and Ergun, 2010:76). Since the classical panel data model does not take into account space and time dimensions, the estimation results may not be meaningful sometimes. On the other hand, panel data sets estimated with the least squares method are ineffective in revealing space effects (Önder et al., 2007:13). Additionally, panel data analysis is more advantageous because it does not cause linear connection problems. As a result, studies conducted with the panel data method produce more effective results (Eom, Lee, and Xu, 2008:576). This study, therefore, employs panel data analysis, as it provides multiple observations for each unit in the sample, and also provides the opportunity to analyze countries, regions, and companies where the possibility of heterogeneity is high, taking these heterogeneities into account (Baltagi, 1995).

Spatial econometrics is a sub-branch of econometrics that investigates spatial effects (Anselin, 1988). Recently, spatial econometrics has come to the fore more frequently, considering the thesis that "everything is related to everything else, but close things are more related" (Anselin and Bera, 1998:240).

In econometric cross-sectional data studies, the matrix approach is used to express the geographical neighborhood relationship, i.e. spatial dependence. This matrix is weighted according to the degree of interaction between the regions in the sample, and the degree of interaction between regions can be expressed metrically according to these weights (Zeren, 2010).

Findings

According to the results obtained, there is spatial interaction between 14 EU member countries. Additionally, the validity of the EKC hypothesis has been proven for these countries. The signs of the variables are in accordance with the theory. On the other hand, the p value, which shows the effect of space, also gave significant results. The ρ coefficient value is found to be 0.10, establishing that there is a space effect and that this effect is positive.

Estimation results for 14 EU member countries show that the ECI draws an inverted N curve for this group of countries. The inverted N curve can be explained as follows; As the per capita income of the 14 EU member countries increases, CO₂ emissions first follow a decreasing trend, then increasing and then decreasing again. In order to draw a theoretical policy conclusion from here, it is necessary to express the turning points of the obtained cubic function numerically. According to the calculated inflection points; after the per capita income of the 14 EU member countries reaches the level of approximately 10000 dollars (point a), CO₂ emissions tend to increase,

while when per capita income reaches the level of 11000 dollars (point b), CO₂ emissions also tend to decrease.

In the second part of the analysis, 26 EU member countries are included in the analysis, and the period covered by the analysis starts from 2004 (when the largest enlargement wave of the EU was experienced) and ends in 2018.

According to the estimation results of the Spatial Lagged Model, there is spatial interaction among the 26 EU member countries. Moreover, the validity of the EKC hypothesis has been proven for these countries, which lends more support to the theory. On the other hand, the ρ value, which shows the effect of space, also gave significant results. The ρ coefficient value was 0.34. This result shows that there is a space effect and that this effect is positive.

Turning and inflection points of the EKC are calculated for 26 EU member countries. As per capita income increases, after about 8000 dollars (as you move from point A to point B), it begins to reduce CO₂ emissions. An increase in the per capita income calculated for point B after 48000 dollars will put CO₂ emissions on an increasing trend again.

Discussion and Conclusions

Based on the results of spatial panel data analysis and in accordance with the literature, this study confirms EKC in the spatially lagged dependent variable model. Again, according to the analysis results, it is concluded that there is a spatial dependency relationship and that this relationship is based on dissimilarity. It is mentioned that there is a competitive spatial interaction between the member states of the European Union.

There was a decrease in the emission amounts in 2018 compared to the emission amounts of the union member countries in 1990, which was the starting year of the analysis in the study. In addition, it is concluded that the spatial interaction between EU countries is positive. Therefore, EU member states are expected to act collectively and holistically in energy and climate change negotiations and create a common climate policy.

