



TESAM Akademi Dergisi

Journal of TESAM Academy

ISSN 2148-2462 / E-ISSN 2458-9217

Daha Fazla Ekonomik Büyüme Beraberinde Çevresel İyileşmeyi Getirir Mi? NO_x ve SO_x Emisyonları İçin EKC Hipotezinin Sınanması

Does Greater Economic Growth Lead to Environmental Improvement? Testing the EKC Hypothesis for NO_x and SO_x Emis

Elif ASOY

Dr. Öğr. Üyesi,
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi,
İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler
Fakültesi, Ekonomi Bölümü.
elifasoy@gmail.com
ORCID: 0000-0003-1985-7402

Cilt / Issue: 13(1), 109-146
Geliş Tarihi: 24.02.2025
Kabul Tarihi: 29.01.2026

Atıf: Asoy, E. (2026). Daha fazla ekonomik büyüme beraberinde çevresel iyileşmeyi getirir mi? NO_x ve SO_x emisyonları için EKC hipotezinin sınanması. *Tesam Akademi Dergisi*, 13(1), 109-146. 10.30626/tesamakademi.1646353.

Öz

Ekonomik büyümenin çevre üzerindeki etkisi hususunda tartışmalar bir fikir birliğine varılmaksızın devam etmektedir. Ana akım ekseninde, katı bir bakış açısına göre ekonomik büyüme çevreyi iyileştirmede bir öncül olarak gösterilmektedir. Çevresel Kuznets Eğrisi (Environmental Kuznets Curve-EKC) hipotezi gibi ampirik kanıtlar sağlayan yaklaşımlarla bu görüş desteklenmektedir. Bu çalışmada ise EKC'nin geçerliliği NO_x (azot oksitler) ve SO_x (kükürt oksitler) emisyonları kullanılarak yeniden sınanmaktadır. AB-27 ülkeye ait veri üzerinden uygulanan Driscoll Kraay modeline göre EKC hipotezinin geçerliliğine dair bir kanıt bulunamamaktadır. Bununla birlikte NO_x emisyonları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi gösteren oldukça ilgi çekici sonuçlar tespit edilmektedir. Model tahmininden elde edilen bulgulara göre ekonomik büyüme emisyonları azaltmaktadır. Ancak ekonomik büyümenin karesinin emisyon azaltıcı etkisi azalarak devam etmektedir. Bu durum azalan marjinal bir etkinin olduğunu göstermektedir. Nihayetinde ekonomik büyümenin küpü ise emisyonları artırıcı yönde bir etki oluşturmaktadır. Dolayısıyla NO_x emisyonları için belirli bir seviyeden sonra ekonomik büyümenin emisyon azaltıcı etkisi azalmaya ve ardından tam tersi yönde etki etmeye başlamaktadır. Bu da gösteriyor ki ülkelerin çevreye zarar vermeyen bir optimal ekonomik büyüme yakalamaları mümkün olabilmektedir. Ancak daha fazla ekonomik büyüme arzusu beraberinde çevresel tahribatı da getirmektedir. Öte yandan SO_x emisyonları ile büyüme arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir.

Anahtar kelimeler: Ekonomik büyüme, hava kirliliği, Çevresel Kuznets Eğrisi, azot oksitler, kükürt oksitler



The content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Abstract

Debates on the environmental impact of economic growth remain unresolved. Within the mainstream axis, from a rigid perspective, economic growth is presented as a precondition for improving the environment. The Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis is one of the theories providing empirical support for this viewpoint. This study re-examines the EKC hypothesis using NO_x (nitrogen oxides) and SO_x (sulfur oxides) emissions. Applying the Driscoll-Kraay model estimator to both pollutants, no evidence supports the presence of the EKC. However, an interesting pattern emerges regarding NO_x emissions. The analysis indicate that economic growth reduces NO_x. However, a decreasing marginal impact was observed when examining the effect of the quadratic form of economic growth on emissions. Ultimately, the cubic term of economic growth exerts an emission-increasing effect. Consequently, beyond a certain threshold, the emission-reducing impact of economic growth on NO_x begins to diminish and eventually reverses, leading to an increase in emissions. This suggests that while countries may achieve an optimal level where growth doesn't harm the environment, excessive expansion ultimately results in environmental degradation. Additionally, no relationship is found between SO_x and growth. These findings highlight the complexity of the growth-environment nexus and the challenges in achieving sustainable economic policies.

Keywords: Economic growth, air pollution, Environmental Kuznets Curve, nitrogen oxides, sulphur oxides

Extended Abstract

A review of the literature reveals a vast number of studies examining the relationship between economic growth and environmental degradation. Given the reality that glaciers are melting by the day, coastal regions are turning into dumping grounds for the Anthropocene era's waste, and deforestation is accelerating, this research focus is hardly surprising. The burden imposed by humanity on the Earth's system far exceeds its limits, and the planet's struggle under this weight is unmistakable. However, what is indeed surprising is the belief that such an issue can be resolved through an approach based on unlimited economic growth. A simple yet fundamental premise contradicts this notion: the natural resources required for limitless economic growth are, by definition, constrained by the boundaries of planet Earth. The Earth's ability to absorb the negative externalities of human-driven activities is also inherently limited. The violation of these limits has severe consequences for all living organisms—plants, animals, and humans alike—who form integral parts of the ecological system.

A review of empirical findings in the literature presents a highly complex and often contradictory picture. No single perspective appears to be universally dominant. However, over the past three decades, a significant portion of studies has been based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. While some studies provide empirical evidence refuting the EKC hypothesis by demonstrating the destructive environmental impact of economic growth, others support its validity by presenting findings that suggest economic growth leads to environmental improvement.

This study examines the EKC hypothesis by investigating the impact of economic growth on air pollution as an indicator of environmental degradation. Unlike carbon emissions, which have been extensively studied, this research focuses on nitrogen oxides (NO_x) and sulfur oxides (SO_x) emissions, which have been relatively less explored. The study covers the 27 member states of the European Union (EU-27), which have implemented strict air pollution regulations since 2008. Although the targeted pollution reduction levels have not been fully achieved, and chronic illness and mortality rates due to air pollution remain high, substantial progress has nonetheless been made.

The empirical findings of this study do not confirm the inverted U-shaped relationship proposed by the EKC hypothesis for either air pollution indicator. However, an intriguing result emerges concerning nitrogen oxides. Initially, economic growth appears to have an environmentally beneficial effect, mitigating pollution. However, as economic growth continues, the marginal positive impact diminishes, and at higher levels of economic growth, an adverse effect is observed, leading to increased air pollution. This finding serves as evidence that unlimited economic growth ultimately exacerbates environmental destruction. Conversely, no significant relationship is identified between sulfur oxide emissions and economic growth.

Both findings can be attributed to the environmental policies implemented by EU-27 countries. It can be argued that, beyond the political will of individual nations, a broader motivation and regulatory hegemony at the union level have played a crucial role in these outcomes. This insight is particularly important, as environmental problems of this nature extend beyond national borders. Air pollution emissions, for instance, can be transported across regions via wind or atmospheric currents. Consequently, the issue of air pollution should not be treated as a localized concern but rather as a global priority.

Countries must adhere to a common action plan without shifting their environmental pollution to developing nations—i.e., without creating “pollution havens”—and, if necessary, implement international trade and political sanctions. After all, humanity in the Anthropocene era has yet to discover a planet equivalent to Earth.

Giriş

Dünya sistemi uzunca zamandır alarm vermektedir. Ozon tabakasının seyreilmesi, iklim değişikliği, hava kirliliğine ilişkin emisyonların artması, biyoçeşitliliğin risk altında olması, okyanusların derinliklerine yayılan atıklar ve nicesi. Tüm bunlar ayrı ayrı dahi insanlığın sürdürülebilir bir sağlıklı yaşaması önünde engel teşkil etmektedir. Ancak ne yazık ki Antroposen çağının insanların Dünya sisteminde meydana getirdiği tahribat, bunların yekününden oluşmaktadır ve neredeyse geri dönülmesi imkânsız bir hâl almıştır. Bu durum oldukça endişe vericidir. Her ne kadar ülkelerin ajandaları karşı karşıya kalınan çevresel sorunları çözmeye yönelik adımlarla dolu gibi gözükse de yetersiz olduğu söylenebilmektedir. Daha vahimi ise öne sürülen çözüm yollarının çevresel tahribatları artırıcı etkiler barındırmasına yönelik şüphelerdir.

Mevcut durumun en temel tetikleyicilerinden biri de hâkim iktisadi doktrinin tüm bu gerçekleri göz ardı ederek daha fazla ekonomik büyümeyi telkin etmesi ve hatta çözüm önerisi olarak sunmasıdır. Beckerman (1992:482)'ın *"ekonomik büyümenin sürecin ilk aşamalarında genellikle çevresel bozulmaya yol açtığına dair açık kanıtlar vardır. Ancak nihayetinde çoğu ülkelerde makul bir çevre kalitesine ulaşmanın en iyi -ve muhtemelen tek- yolu zenginleşmektir."* diyerek destekçisi olduğu bu görüş literatürde Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezi olarak bilinmektedir. Ancak bu hipotez literatürde yapılan sayısız çalışma ile sınanmış ve esasında geçerliliğinin tartışmaya müsait olduğu görülmüştür. Nitekim çalışmanın literatür kısmında da vurgulandığı gibi EKC hipotezinin geçerliliği ele alınan çevresel tahribat göstergelerinden ve örneklerden etkilenmektedir. Bu bağlamda sonuçların homojen olmadığı görülmektedir. Öte yandan gelişmiş ülkelerde belirli bir ekonomik büyümenin ardından kimi hava kirliliği emisyonlarının azaldığı tespit edilmiş olsa da bu etkiyi meydana getiren unsurlar üzerinde bir fikir birliği sağlanamamaktadır (Stern, 2017). Bu ikilem, ana akım iktisadın daha fazla ekonomik büyümeye yönelik iştahının sorgulanmasını gerekli kılmaktadır. Her şeyin ötesinde, Dünya ne bu sonsuz büyümeyi destekleyecek kadar sınırsız kaynağa sahiptir, ne de bu iktisadi faaliyetlerin havaya, toprağa, suya bıraktığı, dönüşümü binlerce yıl alacak atıkları sindirme gücüne sahiptir.

Bu çalışmada EKC hipotezi bağlamında ülkelerin daha fazla ekonomik büyüme amaçlarının ve onun bir maliyeti olan hava kirliliği üzerinde durulmaktadır. Literatürde yer alan tartışmaların bir tarafı olarak

azot oksitler ve kükürt oksitler ile EKC hipotezi yeniden sınanmakta ve esasında bunun bir mit olduğuna ilişkin karşı sav desteklenmeye çalışılmaktadır.

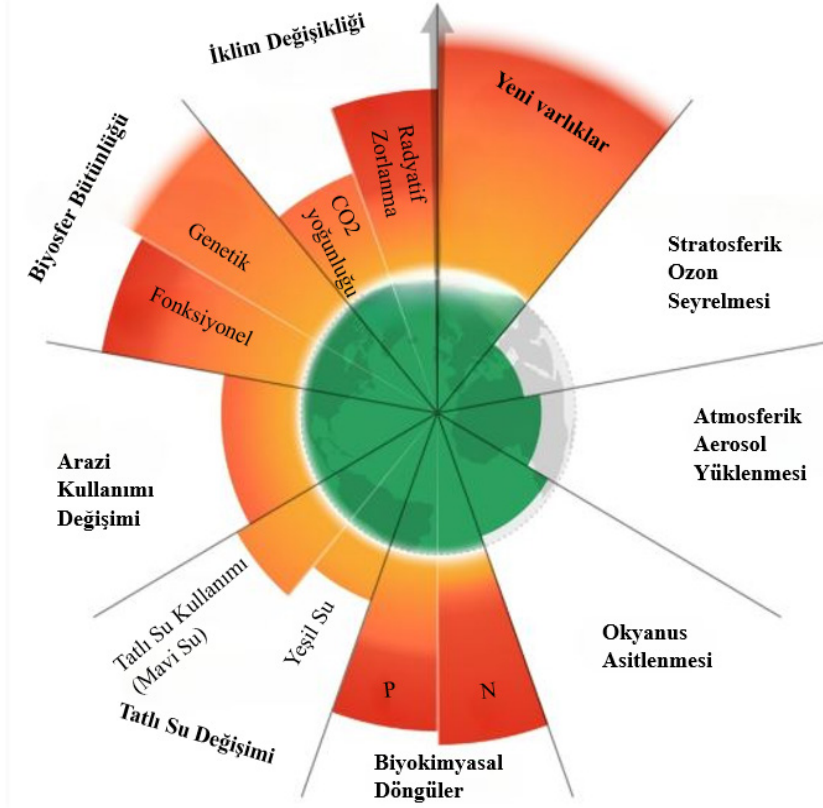
Çalışmanın birinci bölümünde Dünya sisteminde meydana gelen sorunlar ve bunların ekonomik büyüme ile olan ilişkisi ele alınmaktadır. Bu doğrultuda en güncel verilerin baz alındığı göstergelere dayanarak mevcut durum gözler önüne serilmektedir ve akabinde EKC hipotezinden bahsedilmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde hava kirliliği göstergesi olarak NO_x 'in ve SO_x 'in bağımlı değişken olarak kullanıldığı araştırmaların yer aldığı literatür çalışması bulunmaktadır. Burada dikkate alınan çalışmalar sadece NO_x ve SO_x emisyonları ile sınırlandırılmamaktadır. Bu emisyonların yanında başka emisyonların da kullanıldığı çalışmalara da yer verilmektedir. Bir sonraki bölümde ise çalışmanın ampirik kısmına ilişkin bilgiler, metodoloji başlığı altında paylaşılmaktadır. Burada önce analizde kullanılan veri setine dair bilgiler ve modellerden bahsedilmektedir. Daha sonra doğru model tahmincisinin tespit edilebilmesi için gerekli tanısal testler ve sonuçlarına yer verilmektedir. Ayrıca bu testler sonucunda uygulanması uygun bulunun sabit etkiler Driscoll-Kraay tahmincisi ve tesadüfi etkiler Driscoll-Kraay tahmincisinin sonuçları bulunmaktadır. Çalışmanın son bölümü ise elde edilen bulguların tartışıldığı ve beraberinde politika önerilerinin paylaşıldığı sonuç kısmından oluşmaktadır.

Gezegen Sınırlarının İhlali ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi

Andrew Dobson, "Ekolojizm" adlı kitabında "*her türden her zenginliğin en nihayetinde gezegenden kaynaklandığını*" ifade etmektedir ve Sınırların Ötesi'nden alıntı yaparak Dünya'nın sonlu olduğunu vurgulamaktadır (Dobson, 2007:37). Ancak Dünya'nın sınırları nicedir onun ve içinde yaşayan tüm yaşam formlarının iyi olma halini tehlikeye atma pahasına ihlal edilmektedir. Endişe verici boyutlara ulaşan ekolojik yıkımlar, 19. yüzyıl itibarıyla "sınır" kavramının büyük ilgi toplamasına neden olmuştur. Bu ilgi her geçen gün artarak çoğalmıştır. Kısıtlar altındaki bir gezegende sonsuz büyüme hayalinin irrasyonel olduğu savı "gezegen sınırları" gerçekliğiyle desteklenmiştir. Gezegen sınırları, Dünya sisteminin insan refahını sağlayan, istikrarlı ve durağan bir vaziyette kalmasını mümkün kılan aralıkları bilimsel olarak tanımlamaktadır (Richardson vd., 2023).

Şekil 1.

Gezegen Sınırları



Kaynak: Azote for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, Sakschewski, Caesar vd. (2025), <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>. (Görsel yazar tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.) (Çevrimiçi, 21/11/2024)

Şekil 1. Stockholm Resilience Center (Stockholm Dayanıklılık Merkezi) tarafından 2023 yılında elde edilen veriler doğrultusunda hazırlanmıştır. Antroposen çağında insan faaliyetlerinin sonucu olarak meydana gelen sınır ihlallerini ve aslında çevresel tahribatları göstermektedir. Dünya gezegeninin iyi ve yaşanılabilir olma halini dokuz adet gösterge yardımıyla tanımlamaktadır. Bu bağlamda her bir göstergenin sınır değerlerinin altında olması arzulanmaktadır. Ancak şekilde de görüldüğü gibi dokuz sınırdan altısının eşik değeri geçilmiştir. Öte yandan okyanus asitlenmesinin de yine eşik değere

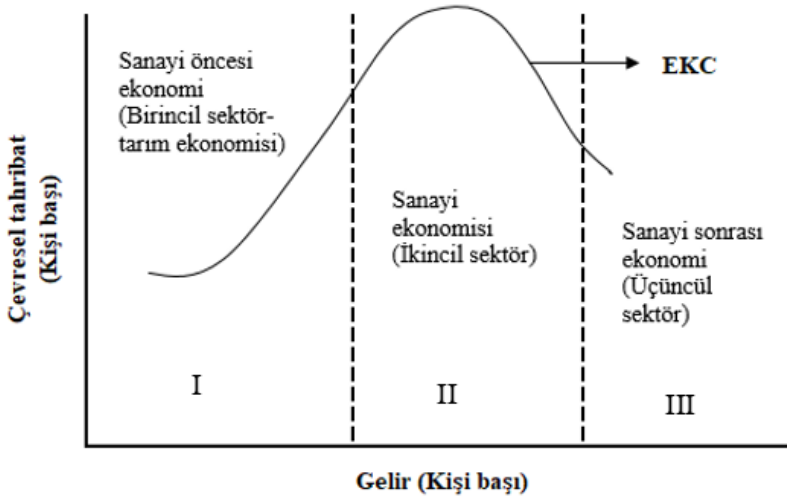
oldukça yakın olduğu gözlemlenmektedir (Richardson vd., 2023). İnsanlığın sağlıklı bir yaşam sürdürebilmesi için ihtiyaç duyulan çevresel unsurların, ideal değerlerinden uzak olduğu görülmektedir. Daha önemlisi ise tüm bu göstergelerin girift bir bağ ile birbirleri ile etkileşim içinde bulunmasıdır. İçlerinden herhangi biri sınır değerini aştığında bir domino etkisi meydana getirerek diğer bir göstergenin sınır değere yaklaşmasına ve hatta aşmasına neden olabilmektedir. Örneğin, arazi kullanımındaki değişim veya suyun azalması iklim değişikliği üzerinde etkili olabilmektedir (Rockström, vd., 2009). Dünya sistemi bileşenleri arasındaki bu etkileşimin dengeli ve sürdürülebilir olması için çok geniş bir bakış açısıyla hareket edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda ana akım iktisadın tahlillerinde ihmal ettiği hususlardan biri de sistemin üç saç ayağı üzerine konumlandırıldığıdır. Muhalif bir bakış açısıyla ekolojik iktisatçılara göre ekonomik amaçlar, sosyal temeller ve çevresel faktörler iç içe gömülüdür ve birbirlerinden ayrı değerlendirilmemelidirler. Nitekim bu gerçeğin analiz dışına itilmesi sürdürülebilir amaçlardan sapmalara neden olmaktadır (Boehnert, 2018).

Ülke ekonomileri için en temel amaçlardan biri olan ekonomik büyüme ile çevresel faktörlere ve bunların sürdürülebilirliğine ilişkin tartışmalar iktisat literatüründe oldukça geniş bir yer kaplamaktadır. EKC hipotezi ise bu tartışmaların tam ortasında yer alan konulardan biridir. Ekonomik büyüme ile çevresel tahribatlar arasındaki ilişkinin Çevresel Kuznets Eğrisi olarak adlandırılmasının sebebi Kuznets (1955) tarafından ileri sürülen varsayımdır. Kuznets (1955) kişi başına düşen gelir ile gelir eşitsizliği arasında genellikle ters U şeklinde doğrusal olmayan bir ilişkinin bulunduğunu iddia etmektedir. Bu hipoteze göre, ekonomik büyümenin erken aşamalarında gelir eşitsizliği artma eğilimindedir. Ancak, ekonomik büyüme belirli bir eşiğe ulaştığında, gelir eşitsizliği azalmaya başlar ve daha adil bir hale gelir (Panayotou, 1993). Grossman ve Krueger (1995), çevresel tahribat ile ekonomik büyüme arasında benzer bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna göre ekonomik büyümenin ilk evresinde kaynak tüketimi artmaktadır. Kaynak tüketiminin artmasıyla birlikte çevresel tahribat da ivmelenmektedir. Ancak önceliğin ekonomik büyüme olması nedeniyle bireyler, kurumlar veya otoriteler ortaya çıkan hava kirliliği, ormansızlaşma, biyoçeşitliliğin azalması gibi negatif dışsallıkları dikkate almamaktadırlar (Dasgupta vd., 2002). Bu ilk evre tamamlandıktan sonra ikinci faza geçilmektedir. Böylece, refah seviyesi yükselen ülkelerde bilgi ve yenilik yoluyla çevreye zarar verici etkisi görece daha az teknolojilere geçiş yapılmaktadır. Bu aşamada ülkenin

belli bir sosyal refah seviyesine eriştiği kabul edilmektedir. Sonuç olarak, bireyler ve kurumlar daha bilgili bir hale gelmekte ve kamu farkındalığı artmaktadır. Buna mukabil çevresel sorunlar öncelenmeye başlanmaktadır. Netice itibarıyla çevresel tahribatı azaltmaya yönelik bir gündem oluşmaktadır. Dolayısıyla sürecin sonunda ekonomik büyüme ve çevresel tahribat arasında ters U şeklinde bir ilişki ortaya çıkmaktadır (Aydın, Koc, & Sahbaz, 2023; Kihombo, vd. 2022; Isık, Ongan, & Özdemir, 2019).

Şekil 2.

EKC Eğrisi



Kaynak: Kaika & Zervas (2013)

Şekil 2'de de görüldüğü gibi sanayi öncesi dönem olarak adlandırılan I. kısımda tarım ekonomisi hakimdir ve çevresel tahribat II. alana kıyasla daha düşüktür. Bununla birlikte kişi başına gelir artışı belirli bir seviyeye gelene kadar çevresel tahribat artmaktadır. Nitekim bu süreç bir ülkenin tarım toplumundan sanayi toplumuna doğru ilerlediği dönemi kapsamaktadır.

EKC hipotezi, ekonomik büyümenin belirli bir seviyeden sonra çevresel iyileşmenin ve gelişmenin bir sürükleyicisi olduğunu ileri sürmektedir. Bu anlayışa göre, bireyler gelirleri arttıkça daha yüksek bir hayat kalitesine erişmekte ve çevresel sorunlarla ilişkili olarak

ilgi seviyeleri ve farkındalıkları artmaktadır. Böylece bireylerin bu farkındalıkları da ülke genelindeki yapısal değişikliklerin önünün açılmasına katkı sağlamaktadır (Dinda, 2004).

EKC hipotezi bu temel varsayımlar üzerine inşa edilmektedir ve son otuz yıllık bir zaman dilimi içerisinde literatürde oldukça rağbet gören bir konu haline gelmiştir. Kimi çalışmalar sadece ekonomik büyüme ve çevresel tahribat göstergeleri arasındaki ilişkileri irdelerken; kimi çalışmalar ise bu temel varsayımları genişletip farklı ampirik bulguların elde edilmesine olanak tanımaktadır. Literatürde IPAT ve STIRPAT olarak bilinen yaklaşımlara burada yer verilmemektedir (Awad & Qarsame, 2017; Han, Gu, & Yang, 2021; Lee, Chiu & Sun, 2009; Özokcu & Özdemir, 2017; Roberts, 2011; Usman vd. 2022; Yilanci & Pata, 2021; Yuan vd., 2015). Ancak belirtmek gerekir ki farklı bakış açıları ile büyüyen oldukça geniş bir literatür bulunmaktadır.

Bir sonraki bölümde çalışmanın ana konusu bağlamında azot oksitlerin, kükürt oksitlerin ve bunun yanında diğer hava kirliliği emisyonlarının dikkate alındığı çalışmalara ilişkin bir literatür taraması sunulmaktadır.

Literatür: Hava kirliliği göstergeleri ve EKC hipotezi

Dünya sisteminin bozulan dengelerinden birini yansıtan hava kirliliğinin, insan hayatı üzerindeki etkisi birçok açıdan irdelenmektedir. Öncelikle kaliteli bir hava, insan sağlığı için büyük bir önem taşımaktadır. Nitekim, hava kalitesinin bozulması ve kirliliğin artması en başta solunum sistemiyle ilgili temel hastalıkları tetiklemektedir (Pope, Dockery, & Schwartz, 1995; WHO, 2024). Öte yandan, hava kirliliği gibi ekonomik faaliyetlerin neden olduğu iddia edilen sorunlar ile sosyoekonomik değişkenler arasında çift yönlü ilişkilerin olabileceği vurgulanmaktadır. Genel itibarıyla çalışmalar, bu ikisi arasında ekonomik faaliyetlerden hava kirliliğine doğru bir ilişki tanımlarken; bunun tam tersi şekilde etkili olabileceğini de savunan çalışmalar bulunmaktadır (Azam, 2016). Bireylerin sanayi bacalarından çıkan salınımların risk oluşturduğu büyük kentlerden görece temiz havalı küçük kentlere veya kırsala göç etmesi, bu etkilerden biri olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca kirlilikle mücadelenin hem bireylerin ve firmaların hem de kamu kurumlarının ajandalarında kapladığı yer artmaktadır (Zhao vd., 2023). Sonuç itibarıyla her iki açıdan da irdelendiğinde hava kalitesi ülkelerin refahı için önemli ve öncelikli hale gelmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO)'nın yaptığı açıklamaya göre, 2019 yılında açık hava kirliliğine bağlı olarak dünya genelinde 4.2 milyon erken ölüm meydana gelmiştir. En yüksek ölüm oranları, Güneydoğu Asya ve Batı Pasifik Bölgelerinde kaydedilirken; bu bölgelerdeki erken ölüm vakalarının toplam ölümler içerisindeki payı %89'dur. Her yıl ulaşılan sayıların ciddiyetine bağlı olarak hava kirliliği, bulaşıcı olmayan hastalıklar sınıflandırmasında ikinci en yüksek risk faktörü olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda açıktır ki hava kirliliği ülkelerin mücadele etmek zorunda oldukları başat meseleler arasındadır. Dış hava kirliliğinin en çok gözlemlenen göstergeleri arasında partiküler madde (PM), karbon monoksit (CO), ozon (O₃), azot dioksit (NO₂) ve kükürt dioksit (SO₂) yer almaktadır (WHO, 2024).

Literatür incelendiğinde hava kirliliği göstergeleri ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi EKC hipotezi nezdinde inceleyen çok sayıda çalışma yer almaktadır. Genel itibarıyla çalışmaların büyük bir kısmının CO₂ emisyonlarına yoğunlaştığı görülmektedir (Lantz & Feng, 2006; Leal & Marques, 2020; Pham, Huynh, & Nasir, 2020; Wang vd., 2021; York, Rosa, & Dietz, 2003) Her bir çalışma ele aldığı ülke, bölge ve şehir düzeyinde farklı sonuçlar elde etmektedir. Bu durum EKC hipotezinin genel geçer olmadığını, analizde dikkate alınan birime göre veya bağımlı değişken olarak kullanılan hava kirliliği göstergesine göre farklı sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın ampirik kısmında ve literatür incelemesinde karbon emisyonları dışında hava kirliliğinin öncü göstergelerinden olan azot oksitler ve kükürt oksitler dikkate alınmıştır. Böylece EKC hipotezinin varlığının hava kirliliği göstergelerine bağlı olarak değişebildiği görüşü de sınanabilmektedir (Mahmood, Furqan, Hassan, & Rej, 2023).

Azot oksitler, genel itibarıyla Antroposen çağının fosil yakıt tüketiminin yoğunluğu, ısınma ihtiyacının karşılanması, enerji üretim süreçleri ve ulaşım ile ilişkili faaliyetlerinin bir sonucu olarak meydana gelen çevresel tahribat göstergelerinden biridir. Toplam emisyonlar içerisindeki payının %43 olması ise bu göstergenin ayrıca ne denli önemli olduğunu ve üzerinde durulması gerektiğini göstermektedir. Diğer yandan fotokimyasal dumanın oluşmasında etkin bir rol oynayarak halk sağlığı için bir risk oluşturmaktadır. Özellikle astım ve bronşit gibi sağlık sorunlarının artmasına neden olabilmektedir (Ge, Zhou, Zhou, Ye, & Liu, 2018; Lohwasser, Bolognesi & Schaffer, 2025). Daha ötesi Uluslararası Kansere Ajansı (International Agency for Research on Cancer) göre hava kirliliğine neden olan bu tip emisyonlar, aynı

zamanda akciğer kanserlerine, diğer solunum ve kalp rahatsızlıklarına yol açacak güce sahip birer kanserojen niteliğindedirler (IARC, 2013). NO_x hava kirliliği yolu ile insan sağlığı üzerinde yarattığı doğrudan etkilerin yanında aynı zamanda kimyasal reaksiyonlar sonucunda O_3 ve $\text{PM}_{2.5}$ gibi hava kirletici partikülleri de aktif hale getirerek dolaylı ve zincirleme bir şekilde risk oluşturmaya devam etmektedir (Montero, Fernández-Avilés, & Laureti, 2021). NO_x 'i, CO_2 göstergesinden ayıran önemli bir husus ise salındığı bölgede etkili olmasıdır. Bu özellik genellikle bölgeler arası farklılıkları ortaya koymak ve incelemek açısından kolaylık sunmaktadır. Öyle ki konsantrasyonun şehir içinde dahi farklılıklar gösterdiğini ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır. Trafığın yoğun olduğu caddelerde veya bu caddelere yakın yerleşim yerlerinde NO_x salınımının daha fazla olduğu tespit edilmektedir. İnsan sağlığı için tehlike arz eden emisyonlardan bir diğeri, kükürt oksitlerdir. SO_x de tıpkı NO_x gibi solunum yolu rahatsızlıklarına sebebiyet vermektedir. Büyük merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan kükürtlü yakıtlar havadaki kükürt oksit miktarının artmasına katkıda bulunmaktadırlar (Ellison & Waller, 1978).

Çevresel tahribatlar ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi örneklem ve göstergeler bağlamında kapsamlı bir şekilde inceleyen ilk çalışmalar arasında Shafik ve Bandyopadhyay (1992)'in araştırması yer almaktadır. Çalışma 1960-1990 yılları arasını kapsamakta olup 149 ülkeyi dikkate almaktadır. İlgili tarih aralığı, bazı değişkenlerin elde edilebilme durumuna göre farklılıklar gösterebilmektedir. Shafik ve Bandyopadhyay (1992), temiz suya erişim eksikliği, kentsel sanitoryona erişim eksikliği, partikül madde seviyeleri, kükürt oksitler, orman alanındaki değişim, ormansızlaşma oranı, nehirlerde çözünmüş oksijen ve fekal koliformlar, kişi başına düşen belediye atığı ve kişi başına düşen karbon emisyonları gibi çok farklı çeşitte çevresel göstergeleri analizlerine dahil etmektedirler. Uygulamış oldukları panel regresyon sonuçlarına göre ekonomik büyüme ve analize konu olan çevresel tahribat göstergeleri arasındaki ilişki karmaşıktır. Partiküller madde ve kükürt oksit gibi değişkenler için ekonomik büyüme ile birlikte bir artış olduğu, fakat ekonomik büyümenin daha ileri seviyelerinde çevresel tahribatta bir iyileşme gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Bu durum EKC hipotezinin ilgili göstergeler için geçerliği olduğu yönünde bir kanıt niteliğindedir. Öte yandan nehirlerde çözünmüş oksijen, belediye atığı ve karbon emisyonları gibi değişkenlerin ise ekonomik büyüme ile birlikte arttığı görülmektedir. Dolayısıyla EKC hipotezinin her çevresel gösterge için geçerli olamayacağı kanaati oluşmaktadır. Öncü çalışmalardan bir diğeri

Panayotou (1993)'ya aittir. Panayotou (1993), ekonomik büyümenin ve nüfus yoğunluğunun çeşitli çevresel göstergeler üzerindeki etkisini EKC hipotezi çerçevesinde inceleyen ilk araştırmacılardan biridir. Çalışmasında ters U şeklindeki ilişkiyi ve bunun ardındaki nedenleri ele almaktadır. Ek olarak aşırı tüketim nedeniyle doğal kaynakların tükenmesini göstermek için ormansızlaşmayı ve ayrıca endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu çevresel bozulmayı değerlendirmek amacıyla bağımlı değişkenler olarak SO₂, NO_x ve katı partikül maddeleri (SPM) kullanmaktadır. Seçilmiş gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin 1980'lerin sonlarını kapsayan kesitsel verileriyle gerçekleştirilen analizde çevresel göstergeler ile ekonomik büyüme ve nüfus yoğunluğu arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğuna dair kanıtlar bulunmaktadır. Och (2017) ise ülke bazında bir araştırma yürütmekte ve 1981-2012 yıllarını kapsayan veri setini kullanarak Moğolistan'ın çevresel tahribatını incelemeye çalışmaktadır. Bu doğrultuda hava kirliliği göstergesi olarak NO_x'i tercih etmektedir. Uygulamış olduğu Sınır testi (ARDL), Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler Tahmincisi (FMOLS), Hata Düzeltme Modeli (ECM) ve Granger Nedensellik analizinde açıklayıcı değişkenler olarak gelir, ihracat, kentleşme ve farklı sektörler bazında büyüme kullanılmaktadır. Bu bağlamda üç farklı model üzerinden analiz gerçekleştirilmektedir. Her bir modelde diğer açıklayıcı değişkenler aynen kullanılırken sırasıyla tarım, sanayi ve hizmet sektöründeki büyüme eklenmektedir. Buna göre hem kısa dönem hem de uzun dönem analizlerinde tüm bağımsız değişkenler ile NO_x arasında bir eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmektedir. Ancak NO_x ile gelir arasında tespit edilen U şeklindeki ilişki EKC hipotezinin tam tersi yönünde bir bulgu niteliğindedir. Fotis (2017) AB-28 ülkesi ve aday olan altı ülkeyi dahil ettikleri analizlerinde 2005-2013 yıllarını kapsayan bir dönemi baz almaktadırlar. SO₂, NO_x, metan dışı uçucu organik bileşikler (Non-Methane Volatile Organic Compounds-NMVOC) ve CO₂ gibi çevresel kirleticiler bağımlı değişkenler olarak; ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji tasarrufu ve enerji yoğunluğu ise bağımsız değişkenler olarak kullanılmaktadır. Dinamik Panel Genelleştirilmiş Momentler Metodu (Dynamic Panel Generalized Method of Moments-DPGMM) vasıtasıyla elde edilen bulgulara göre EKC hipotezinin ileri sürdüğünün tam aksi yönde bir ilişkinin varlığına rastlanmaktadır. Üstelik GSYİH'nın karesi ve küpüne ait katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olmaması gerekçesiyle ekonomik büyümenin çevresel yıkım üzerinde iyileştirici ve doğrusal bir etkisinin olmadığı sonucuna varmaktadırlar.

Ge, vd. (2018), ülke bazında bir araştırma yapmaktadırlar. Bu doğrultuda

Çin'deki 30 ile ait panel veri seti ile beş yıllık periyodu kapsayan STIRPAT modeline dayanan bir analiz gerçekleştirmektedirler. Ampirik çalışmalarında uyguladıkları mekânsal panel veri analizinde hava kirliliği göstergelerden biri olarak azot oksitleri bağımlı değişken olarak tercih etmektedirler. Modelde EKC hipotezini sınamak üzere kullanılan GSYİH'nin yanı sıra STIRPAT modelinin diğer ana bağımsız değişkenleri de kullanılmaktadır. Buna göre azot oksitler ile GSYİH arasında ters-N şeklinde bir ilişki tespit edilmektedir. Dolayısıyla ele alınan veri seti bağlamında ekonomik büyüme, çevresel tahribatı önce azaltmakta ve belli bir eşik değerden sonra artırmaktadır. Ekonomik büyüme, biraz daha artıp yeni bir eşik değere geçildiğinde ise bu sefer etki yine negatif olarak gerçekleşmektedir. Öte yandan Han, Gu ve Yang (2021), 2016-2018 yılları arasında Çin'in 333 vilayet düzeyindeki şehirden elde edilen verilerin analizini içeren bir çalışma yürütmektedirler. Araştırma, bağımlı değişken olarak azot dioksit odaklanırken, kişi başına düşen GSYİH, doğalgaz tüketimi, konut doğalgaz tüketimi, sanayileşme ve ulaşım gelişimi bağımsız değişkenler olarak modele dahiledilmektedir. Araştırmacılar, mekânsal gecikme modelini kullanarak çevresel bozulmanın bir göstergesi olarak kabul edilen azot dioksit ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemektedirler. Bulgular, ekonomik büyüme ile azot dioksit arasında doğrusal bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla EKC hipotezinin ileri sürdüğü ilişkinin geçersiz olduğunu ortaya koymaktadırlar. Lundquist (2021) ise üretimden kaynaklanan NO_x ve hem üretim hem de tüketimden kaynaklanan CO_2 emisyonları ile GSYİH arasındaki ilişkiyi OECD üyesi 35 ülke bazında ele almaktadır. Araştırmanın ampirik kısmı, ilgili emisyonların ayrışma seviyesi ve bunlar üzerinde etkili olan faktörlerin tespitini amaçlamaktadır. Bu doğrultuda olay geçmişini analizi temel alınmaktadır. Analiz sonuçlarına göre, 35 ülkenin tamamında hem NO_x hem de CO_2 emisyonları için ayrışmanın geçerli olduğu görülmektedir. Yani ekonomik büyüme ile ele alınan emisyonlar arasındaki ilişki güçlenme veya zayıflama eğilimi göstermektedir. Çalışmada dikkat çeken bulgulardan biri ise yeşil teknoloji yatırımlarının emisyonlar ve GSYİH arasındaki ayrışma oranını artırıcı bir şekilde etkilemesidir. Bu da ülkelerin gerek üretim gerekse tüketime bağlı oluşan hava kirliliği ile mücadelede yeşil teknolojilerin önemli bir ajan olduğunu destekler niteliktedir. Bununla birlikte çevresel değerlere sahip olma, çevresel düzenlemeler, yenilenebilir enerji kullanımı, ticaret ve sektörel kompozisyonun ayrışma oranı üzerinde etkili olabileceği savunulan diğer hususlardır. Ticaretin ayrışma üzerindeki etkisi yeşil teknoloji ile aynıyken çevresel

değerlerin sadece CO₂, çevresel teknoloji patentlerinin sadece NO_x emisyonlarında ayrıştırma etkisi oluşturduğu ortaya çıkmaktadır. Öte yandan çevresel düzenlemeler ve sektörel kompozisyonun herhangi bir emisyonla ilişkin ayrıştırma etkisi saptanamamaktadır. Madaleno ve Moutinho (2021) birden fazla hava kalitesi göstergesini kullanarak AB-27 üyesi ülkeler bağlamında bir inceleme yürütmektedirler. Bu kapsamda 2008-2018 yıllarını kapsayan bir dönem için yürüttükleri araştırmalarında toplam sera gazı emisyonları, CO₂ emisyonları, metan (CH₄) emisyonları ve azot protoksit (N₂O) emisyonları bağımlı değişken olarak EKC hipotezinin çevresel tahribat göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kişi başına düşen gayrisafi yurt içi hasıla, işgücü, enerji kullanımı ve elektrik üretimi de analizde kullanılan bağımsız değişkenlerdir. EKC hipotezinin geçerliliğini sınamak üzere panel dinamik sabit etkiler (Dynamic Fixed Effect-DFE), dinamik en küçük kareler (Dynamic Ordinary Least Squares-DOLS) ve tam değiştirilmiş en küçük kareler (Fully Modified Ordinary Least Squares-FMOLS) yöntemlerini uygulamaktadır. Ayrıca değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini ortaya koymak üzere Pedroni (2004) eşbütünleşme testlerini de gerçekleştirmektedirler. Analiz sonucunda kısa dönem için bütün emisyon türleri ile ekonomik büyüme arasında ters U şeklinde bir ilişki saptanmaktadır. Ancak EKC hipotezinin varlığının sadece belirli koşullar altında doğrulandığını ifade etmektedirler. Buna göre AB-27 ülkeleri içinde alt grup olarak analize dahil edilen AB-12 (yeni Avrupa) ülkeleri için kısa vadede DOLS tahmincisi ve hem kısa hem de uzun vadede FMOLS tahmincisi EKC hipotezini doğrulamaktadır.

Wang, Han ve Kubota (2016) da Çin'de il düzeyinde bir çalışma yürütmektedirler. Ancak çalışmalarında hava kirliliği göstergesi olarak kükürt oksitlerden biri olarak kükürt dioksiti kullanmaktadırlar. Bu çalışmada 1990-2012 yıllarını kapsayan veri setinden elde etmiş oldukları bulgular, SO₂ ile kişi başına düşen gelir arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu destekler niteliktedir. Diğer taraftan uyguladıkları parametrik ve yarı-parametrik panel sabit etkiler regresyonunda kullanmış oldukları diğer bağımsız değişkenler ise kentleşme, enerji yoğunluğu ve nüfustur. Her iki model tahminine göre nüfus ve enerji yoğunluğu ile hava kirliliği arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanırken kentleşmenin kükürt emisyonları üzerinde herhangi bir etkisi tespit edilememektedir. Diğer taraftan Sinha ve Bhattacharya (2017) hava kirliliği konusunda ilk aklı gelen ülkelerden biri olan Hindistan üzerine bir çalışma gerçekleştirmektedirler. Sinha ve Bhattacharya (2017), 139 Hint şehrine ait veriyi ele alarak SO₂ ile

EKC ilişkisini incelemektedirler. Çalışmada şehirler hem yerleşim hem de sanayi alanları olarak iki ana kategoriye ayrılmakta ve her bir grup da kendi içerisinde düşük, orta ve ileri gelir düzeyi olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Sanayi bölgelerinin geneli ve yüksek gelirli sanayi şehirleri için EKC hipotezinin geçerliliği kanıtlanırken, düşük gelirli sanayi şehirlerinde N şeklinde bir ilişki tespit edilmektedir. Bu ilişki yerleşim yerleri için doğrusal bir özellik göstermektedir.

Ru vd. (2018) ise kükürt dioksit ile birlikte aynı zamanda karbondioksit ve siyah karbon (BC) emisyonları ile ekonomik büyüme arasındaki uzun vadeli bağlantıyı EKC hipotezi kapsamında 199 ülke için analiz etmektedirler. Enerji, sanayi, konut ve ulaşım olmak üzere dört farklı sektörü ayrı ayrı ele almaktadırlar. Çalışmanın temel varsayımlarından biri de EKC'nin her sektör için geçerli olamayabileceğidir. Analiz sonucunda elde edilen temel bulgulara göre SO_2 emisyonları enerji ve sanayi sektörü için EKC hipotezine uygun bir eğilim gösterirken CO_2 emisyonları için bu durum sanayi ve konut sektörlerinde geçerlilik göstermektedir. SO_2 emisyonlarının sanayi sektöründe ekonomik büyüme ile birlikte azalması, yani EKC hipotezinin ileri sürdüğü dönüm noktası, çok yüksek gelir seviyelerinde gerçekleşmektedir. Ek olarak konut sektöründe karbon emisyonunun EKC dönüm noktası ise küresel seviyelerin çok altındadır. Ru vd. (2018) bu durumu emisyon yakınsamasının bir kanıtı olarak değerlendirmektedirler. Öte yandan BC ile ekonomik büyüme arasında hiçbir sektörde EKC geçerliliğini doğrulayan bir eğilim tespit edilememektedir. Bununla birlikte konut sektöründe BC ile gelir arasında negatif, ulaşım sektöründe ise tüm emisyonlar ile gelir arasında pozitif bir bağlantı saptanmaktadır. Huang (2018) Çin'deki otuz eyalet kapsamında SO_2 ile hükümetin çevre koruma harcamaları arasındaki ilişkiyi analiz ettiği çalışmada dikkat çekici bulgular elde etmektedir. Literatürde EKC hipotezi genel olarak GSYİH üzerinden sınırlanırken; bu çalışmada ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başına gayrisafi bölgesel ürün kullanılmaktadır. Analiz sonuçları hükümetin çevreyi korumaya yönelik yaptığı harcamaların emisyon düzeylerini azaltmada etkili olabileceğini göstermektedir. Ayrıca SO_2 emisyonu ile kişi başına gayrisafi bölgesel ürün arasında kübik polinom yani N şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Bu doğrultuda kişi başına gayrisafi bölgesel ürün, önce emisyonun artmasına, belirli bir seviyeden sonra azalmasına ve ikinci bir seviyeye erişilmesinin ardından yeniden artmasına neden olmaktadır. Ayrıca analizde kullanılan açıklayıcı değişkenlerden biri olarak doğrudan yabancı yatırımların, emisyonları azaltıcı yönde etkilediği görülmektedir. Bunun gerekçesi olarak, doğrudan yabancı yatırımlar

vasıtasıyla teknoloji transferinin emisyonlar ile mücadeleye olumlu bir katkı sağlayabileceği ileri sürülmektedir. Ek olarak ticaret değişkeninin ve hem özel sektör hem de kamu sektörü tarafından yapılan kirliliği önlemeye yönelik harcamaların ise azaltıcı etkisi elde edilen diğer önemli bulgular arasındadır. Nüfus yoğunluğunun da kentleşme ve medeniyet etkisi ile SO₂ emisyonlarında bir azalmaya neden olduğu görülmektedir. Son olarak mekânsal bağımlılık ile emisyon düzeyi ilişkisine bakıldığında ise pozitif bir mekânsal korelasyon dikkat çekmektedir. Bu da belli bir bölgenin emisyon seviyelerinin komşu bölgelerin emisyon seviyelerinden etkilenebileceği varsayımını desteklemektedir. Bakhsh, Akmal, Ahmad ve Abbas (2022) ülke düzeyinde bir çalışma gerçekleştirmekte ve Pakistan için kükürt dioksit ile enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve doğrudan yabancı yatırım arasındaki ilişkiyi analiz etmektedirler. Çalışma sonuçlarına göre nüfus yoğunluğu ve enerji tüketiminin SO₂ emisyonlarını pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Benzer şekilde ekonomik büyümenin, SO₂ emisyonlarını artırıcı etkisi bulunduğu analizden elde edilen ana bulgular arasındadır. Ayrıca, Ru vd. (2018)'nin bulgularının aksine, doğrudan yabancı yatırımların emisyonları artırıcı etkisinin “kirlilik cenneti” hipotezini destekler nitelikte olduğu vurgulanmaktadır. Öte yandan Coggin (2023) on iki sanayi ülkesi için SO₂ ve CO₂ emisyonları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Çalışmada kullanılan veri seti iki döneme ayrılarak analiz edilmektedir: 1961-1966 ve 1967-2014. Her iki emisyonun seviyesi de ekonomik büyüme ile pozitif bir ilişki içerisindedir. Ekonomik büyüme arttıkça emisyon seviyeleri artmaktadır. Bununla birlikte CO₂ emisyonlarının seviyelerindeki oynaklık SO₂ emisyonlarına kıyasla daha azdır ve zayıf sigma yakınsaması göstermektedir. Uygulanan Panel Granger Nedensellik analizi sonuçları ise ekonomik büyüme ile emisyonlar arasında herhangi bir nedensellik ilişkisini desteklememektedir. Ancak analizin ele alınan her bir ülke için ayrı ayrı yürütülmesi halinde ekonomik büyümenin emisyonların Granger nedenseli olduğu görülmektedir. Birleşik Krallık'a ait SO₂ verisi haricinde diğer ülkeler için polinomal eşbütünleşme ilişkisi elde edilmekte ve bu bulgu, EKC hipotezini desteklemektedir. Hem Ru vd. (2018) ve Bakhsh, Akmal, Ahmad ve Abbas (2022)'in doğrudan yabancı yatırıma ilişkin bulguları, hem de Coggin (2023)'in on iki ülkenin tamamı üzerine kurduğu modeli ile daha sonra ayrı ayrı yaptığı sınama sonucunda ortaya çıkan tablo, hava kirliliği emisyonlarına dair bulguların yerel veya bölgesel bazda irdelenmesinin makul olabileceği fikrini beslemektedir.

Diğer taraftan kimi çalışmalarda ise gelir veya sektör bazlı bir

indirgeme yaparak EKC hipotezinin irdelendiği görülmektedir. Bu anlamda Gao ve Zhang (2021)'ın çalışmaları, ele aldıkları hava kirliliği göstergelerinin çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda oldukça kapsamlıdır. İçinde partiküler maddelerin de yer aldığı birden fazla hava kirliliği göstergesini modellerine bağımsız değişken olarak dahil etmektedirler. Gao ve Zhang (2021) sektörel olarak turizmi baz alarak Akdeniz bölgesindeki 18 ülkenin CO_2 , CO , NO_x , SO_2 , $PM_{2.5}$ ve PM_{10} göstergeleri için EKC'nin var olup olmadığını test etmektedirler. Gao ve Zhang (2021), ampirik analizlerinde enerji tüketimi, GSYİH ve turizm gelirlerini açıklayıcı değişken olarak kullanmaktadır. 1995-2010 yıllarını kapsayan veri setinden hareketle uygulanan Panel Eşbütünleşme testi, FMOLS (Fully Modified OLS) tahmincisi ve Panel Granger Nedensellik test sonuçlarına göre Güney Akdeniz ülkeleri bağlamında CO_2 ve NO_x hariç olmak üzere diğer göstergeler için EKC geçerli bulunmaktadır. Ancak kuzeydeki ülkeler için bu hipotez doğrulanmamaktadır. Benzer bir çalışma Ciarlantini vd. (2023) tarafından gerçekleştirilmektedir. Fransa, İspanya, Yunanistan, Portekiz ve İtalya'nın NUTS2 sınıflandırmasına göre seçilen bölgelerine ait veri seti üzerinden yürüttükleri çalışmada birden çok hava kirliliği göstergesi dikkate almaktadırlar. Bunlar; NO_x , $PM_{2.5}$ ve PM_{10} 'dur. Bu bağlamda Pedroni Eşbütünleşme testi, Havuzlanmış OLS ve Dumitrescu-Hurlin Panel Granger Nedesellik testi gibi tahminleme yöntemlerine başvurmaktadırlar. Ancak bölgesel olarak ele alınan hiçbir ülkede EKC'nin geçerli olduğuna dair bir bulguya ulaşamamaktadırlar. Bununla beraber, Portekiz, İtalya ve Yunanistan'daki incelemeye dahil edilen bölgelerde ekonomik büyüme ile hava kirliliği arasında negatif bir ilişki tespit edilebilmektedir. Bu ilişki İspanya'daki bölgelerde pozitifdir. Fransa'da ise NO_x ve $PM_{2.5}$ için pozitifken; PM_{10} değişkeni için negatiftir. Öte yandan yerli turistlerin turistik faaliyetlerinin emisyonları arttırdığı, yabancı turistlerin ise azalttığı tespit edilmektedir. Son olarak enerji tüketiminin emisyonlar üzerinde arttırıcı bir etki barındırdığı saptanmaktadır.

Metodoloji

Çalışmanın bu bölümünde NO_x ve SO_x hava kirliliği göstergelerini etkileyen belirleyenleri tespit etmek üzere oluşturulan modellere, bu modeller için yürütülen tanı testlerine ve buradan elde edilen sonuçlardan hareketle uygulanan statik model tahminlerine yer verilmektedir.

Veri seti

Bu çalışmada yürütülen analiz, AB-27 ülkelerine ait 2013-2022 yıllarını kapsayan panel veri seti üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu tarih aralığının seçilmesinin nedeni, Avrupa Birliği'nin henüz hedeflenen aşamalara ulaşmamış olsa da, sıkı çevre politikalarının hava kirliliğini azaltmakta etkili olduğunun gözlemlendiği bir dönemi temsil etmesidir. Nitekim AB, 2008 yılında "Avrupa için çevresel hava kalitesi ve daha temiz hava" mottosuyla Çevresel Hava Kalitesi Direktifi (Ambient Air Quality Directive, 2008/50/EC)'ni kabul etmiştir ve bu hususta son derece katıdır (Dechezleprêtre, Rivers, & Stadler, 2019). Ayrıca Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde AB'nin sıfır kirlilik eylem planına riayet ederek güçlü bir siyasi kararlılık sergilediği bilinmektedir. Buna ek olarak ulusal seviyede sınır değerlerini aşan özellikle azot oksitler ve kükürt oksitler gibi bu çalışmada yer alan hava kirliliği göstergelerine karşı Ulusal Emisyon Tavanları Direktifi (The National Emissions Ceiling Directive-2016/2284)'ni takip etmektedir. Tüm üye ülkeler bu emisyonlara ilişkin raporlarını düzenlemek ve sunmak zorundadır (Mejino-López & Oliu-Barton, 2024).

Modelde kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler, Tablo 1'de yer almaktadır. Tahmin edilen iki model için (Model 1 ve Model 2 olarak anılacaktır) sırasıyla NO_x ve SO_x hava kirliliği göstergeleri, bağımlı değişkenler olarak kullanılmaktadır. EKC hipotezini test etmek için oluşturulan Model 1'in ana bağımsız değişkenleri kişi başına reel GSYİH, kişi başına reel GSYİH'nin karesi ve küpüdür. Bununla birlikte NO_x emisyonlarında artışa sebep olduğu ileri sürülen ulaşım ve inşaat faaliyetlerine ilişkin göstergeler olarak ulaştırma faaliyetlerindeki enerji tüketimi ve inşaat sektöründeki üretim analize dahil edilen diğer önemli bağımsız değişkenlerdir (Ge, Zhou, Zhou, Ye, & Liu, 2018; Lohwasser, Bolognesi, & Schaffer, 2025). Ayrıca EKC'ye yönelik analizlerde açıklayıcı değişken olarak kullanılan nüfus da modele dahil edilmektedir. Her bir değişken doğal logaritması alınarak modele dahil edilmektedir. Model 2 için ise bağımlı değişken olarak SO_x kullanılmaktadır. Bu modelde kullanılan bağımsız değişkenler ise inşaat sektöründeki üretim dışında Model 1'de kullanılan değişkenlerle aynıdır. Değişkenlere ait veriler ise Eurostata'dan temin edilmektedir.

Tablo 1.

Değişkenler

Veri	Değişken	Birim	Kaynak/Kod
Bağımlı değişken (ler)			
NO _x 'in doğal logaritması	lnNO	Ton	Eurostata
SO _x 'in doğal logaritması	lnSO	Ton	Eurostata
Bağımsız değişken(ler)			
Kişi başına reel GSYİH'nin doğal logaritması	lnGSYİH	Kişi başına düşen Euro	Eurostata
Kişi başına reel GSYİH'nin doğal logaritmasının karesi	lnGSYİH ²	-	-
Kişi başına reel GSYİH'nin doğal logaritmasının küpü	lnGSYİH ³	-	-
Ulaştırma nihai enerji tüketimi	lnUET	Bin ton eşdeğer petrol	Eurostata
Sanayi üretiminde kullanılan fosil yakıt	lnSFY	Bin ton eşdeğer petrol	Eurostata
İnşaat sektöründeki üretimin doğal logaritması	lnİÜ	Endeks 2021=100	Eurostata
Nüfusun doğal logaritması	lnN	Kişi sayısı	Eurostata

Analiz kapsamında incelenen modeller I ve II nolu eşitlikte görüldüğü gibi düzenlenmektedir.

Model 1;

$$\begin{aligned} \ln NO_{xit} = & \beta_0 + \beta_1 \ln GSYİH_{1it} + \beta_2 \ln GSYİH^2_{2it} + \\ & \beta_3 \ln GSYİH^3_{3it} + \beta_4 \ln UET_{4it} + \beta_5 \ln N_{5it} + \beta_6 \ln SYT_{6it} + \beta_7 \ln İÜ_{7it} + \mu_i + \lambda_t + u_{it} \end{aligned} \quad \text{I}$$

Model 2;

$$\begin{aligned} \ln SO_{xit} = & \beta_0 + \beta_1 \ln GSYİH_{1it} + \beta_2 \ln GSYİH^2_{2it} + \\ & \beta_3 \ln GSYİH^3_{3it} + \beta_4 \ln UET_{4it} + \beta_5 \ln N_{5it} + \beta_6 \ln SYT_{6it} + \mu_i + u_{it} \end{aligned} \quad \text{II}$$

Etkin model tahminin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle modellerin spesifikasyonlarına ilişkin testler yürütülmektedir. Daha sonra ise her iki model için klasik model tahmincilerinin mi yoksa sabit veya tesadüfi etkiler model tahmincilerinin mi tercih edileceği klasik model varsayımlarının test edilmesi ile ortaya konmaktadır. Bu bağlamda klasik model varsayımlarının en az bir tanesinin ihlal edilmesi klasik model ile yapılan tahminlerin güvenilirliğinin sorgulanmasına neden olmaktadır (Elamir, 2022). Nitekim takip eden bölümde de görüleceği üzere klasik model varsayımlarından sapmalar söz konusudur. Yapılan testler sonucunda Model 1'in (I nolu eşitlikle olduğu gibi) birim ve zaman etkili bir model olarak, Model 2'nin ise (II nolu eşitlikle olduğu gibi) sadece birim etkili bir model olarak tanımlanmasına karar verilmektedir.

Model Spesifikasyonu ve Tanısal Testler

Panel veri analizinde doğru ve etkin model tahminin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle modelde birim ve zaman etkisinin olup olmadığının ortaya konması gerekmektedir. Modelde birim ve/veya zaman etkilerinden herhangi birinin bulunması klasik model tahmincilerinin sonuçlarının güvenilir olamamasına yol açabilmektedir. Bu gerekçeden hareketle Tablo 2'de ve Tablo 3'te sonuçları verilen tanısal testler uygulanmaktadır.

Tablo 2'de görülen ilk test, F testidir. Bu testin temel hipotezi, birim ve zaman etkilerinin yokluğu üzerine kurulmaktadır. Model 1 ve Model 2'nin F testi sonuçlarına bakıldığında her iki modelde birim etkinin bulunduğu ve ek olarak Model 1'de zaman etkisinin de bulunduğu görülmektedir. Dolayısıyla Model 1 için $H_0: \mu_i = 0$ ve $H_0: \lambda_t = 0$ şeklinde oluşturulan temel hipotezler reddedilirken; Model 2 için sadece $H_0: \lambda_t = 0$ temel hipotezi reddedilebilmektedir. Birim ve zaman etkisini sınavan bir diğer test, LR testidir. Bu testin temel hipotezinde ise F testinden farklı olarak birim ve zaman etkilerinin standart hataları dikkate alınmaktadır. LR testi birim etkilerin ve zaman etkilerinin standart hatalarının sıfıra eşit olduğu savını sınamak üzere kullanılmaktadır. Tablodaki sonuçlar dikkate alındığında Model 1 için birim etkilerinin standart hatalarının sıfıra eşit olduğunu ifaden $H_0: \sigma_{\mu} = 0$ hipotezi ile zaman etkilerinin standart hatalarının sıfıra eşit olduğunu ileri süren $H_0: \sigma_{\lambda} = 0$ hipotezi reddedilmektedir. Öte yandan Model 2 için F testi ile paralel olarak sadece $H_0: \sigma_{\lambda} = 0$ hipotezi reddedilebilmektedir. Hem F testi hem de LR testi sonuçları Model 1'in birim ve zaman etkilerini içerdığını, Model 2'nin ise sadece birim etkisi içerdığını göstermektedir.

Birim ve zaman etkilerinin varlığı sılandıktan sonra hangi tahmincinin etkin olduğunu tespit edebilmek adına Hausman testi uygulanmaktadır. Bu testin temel hipotezine göre $H_0: E(\mu_i | X_{it}) = 0$ 'dır. Yani birim etki ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenler arasında bir korelasyon yoktur (Hausman, 1978). Model 1'in birim ve zaman etkilerine ilişkin sonuçlarına dayanarak söz konusu hipotezin sınanmasında iki yönlü modeller için önerilerin Hausman testi uygulanmaktadır. Test sonuçlarına göre Model 1 için birim ve zaman etkisinin sabit olduğu söylenebilmektedir. Nitekim iki yönlü Hausman testinin sonuçları sabit etkiler tahmincisinin etkin olduğunu söylerken aynı zamanda ayrı ayrı sınan $H_0: E(\mu_i | X_{it})$ ve $H_0: E(\lambda_i | X_{it})$ temel hipotezlerinin reddedilmesi sabit etkiler modelinin tesadüfi etkiler modelinden daha etkin olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan Model 2 için Hausman test sonuçları sabit etkiler modelini işaret ederken; dirençli Hausman testi birim etkili tesadüfi etkiler modelinin etkin tahminci olduğunu göstermektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2021). Bu durumda Model 1 için iki yönlü sabit etkiler modelinin, Model 2 için ise tek yönlü tesadüfi etkiler modelinin uygun olduğuna karar verilmektedir.

Tablo 2.

Model seçimine ilişkin test sonuçları

	Birim etki		Zaman etkisi	
	Model1	Model2	Model1	Model2
F testi	127.61**	14.27 **	9.12 **	0.47
LR testi	407.72**	97.66**	41.73 **	0.00
Hausman-Test chi2	115.30**	67.42**		
[prob > chi2]- FE - RE				
$H_0: E(\mu_i X_{it}) = 0$	72.55**	-		
$H_0: E(\lambda_i X_{it}) = 0$	35550.94**	-		
rhausman Test chi2		3.85		
[prob > chi2]- FE – RE				

Not: **, *, ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyesini göstermektedir.

Tablo 3'te her iki model için de varsayımdan sapmaları tespit etmek üzere ayrı ayrı sınanmış tanısal testler bulunmaktadır. Bunlardan ilki tabloda da görüldüğü gibi DeBenedictis-Giles Spesifikasyon testidir.

Söz konusu test DeBenedictis ve Giles (1989) tarafından geliştirilmiş olup; temel hipotezi “model spesifikasyonunda hata yoktur” şeklinde kurulmuştur. Buna göre, her iki model için de hesaplanan RESETS testi sonuçlarına göre, temel hipotez olan $H_0: \epsilon \sim N(0, \sigma_2)$ reddedilememektedir. Dolayısıyla model spesifikasyonunda hata bulunmamaktadır.

Spesifikasyon testinden sonra uygulanan bir diğer tanısal test heteroskedasiteyi tespit etmeye yöneliktir. Model 1 ve Model 2 için farklı tahmincilerin uygun olduğu daha önce ifade edilmişti. Bu sebeple Model 1 için uyarlanmış Wald testi, Model 2 için ise Levene, Brown ve Forsythe (1974) testi uygun tanısal testler olarak kullanılmaktadır. Her iki testin ortak temel hipotezi, birim varyanslarının eşitliği, yani homoskedasite, üzerinedir (Gujarati ve Porter, 2009, s. 365). Elde edilen bulgulara hem Model 1’de hem de Model 2’de heteroskedasite mevcuttur. Nitekim olasılık değerinin %5’ten küçük olması nedeniyle $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ şeklinde ifade edilen varyansların birimlere göre homoskedasik olduğunu ileri süren temel hipotez reddedilmektedir.

Tablo 3’te yer alan bir diğer tanısal test ise modelin hata terimlerine ilişkindir. Buna göre temel hipotezi $H_0: \rho = 0$, yani “hata terimlerinde otokorelasyon yoktur” şeklinde kurulmuştur. Bhargava, Franzini ve Narendranathan (1982) tarafından değiştirilmiş Durbin-Watson testi ve Baltagi-Wu (1999) tarafından geliştirilmiş LBI testi sonuçlarına göre her iki modelde de otokorelasyon bulunmaktadır. Çünkü hem Model 1 hem de Model 2 için tabloda verilen değerler dikkate alındığında 2’den küçük oldukları görülmektedir. Bu durum otokorelasyonun varlığına işaret etmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2021, ss. 267-268).

Modellerde otokorelasyon tespit edildikten sonra yatay kesit bağımlılığını test etmek üzere üç farklı test uygulanmaktadır. Pesaran (2004), Friedman (1937) ve Frees (1995) testleri, birimler arası korelasyonu analiz edebilmek üzere geliştirilmiş testlerdir. Testlerin sınanmasından elde edilen sonuçlara göre birimler arası korelasyonun bulunmadığını ifade eden temel hipotez $H_0: \rho_{ij} = \rho_{ij} = \text{cor}(u_{it}, u_{it}) = 0$ reddedilmektedir.

Öte yandan bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantının olması, doğru tahmincinin belirlenebilmesi için test edilmesi gereken bir diğer önemli husustur. Bu durumda $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ olarak ifade edilen temel hipotezin reddedilip reddedilemeyeceğine karar verirken Varyans Büyütme Faktörü (Variance Inflation Factor-VIF) kriteri dikkate alınmaktadır. Yapılan analiz sonucunda bağımsız

değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı olduğu saptanmaktadır. Bu saptamada ortalama VIF değerinin 5'ten büyük olup olmadığı dikkate alınmaktadır (Studenmund, 2014). Elde edilen sonuçlara göre ortalama VIF değerinin 5'in çok üzerinde olduğu görülmektedir. Bunun asıl gerekçesinin modellere dahil edilen GSYİH, GSYİH karesi ve küpüdür.

Son olarak klasik model varsayımlarından sapmaları sınamak üzere uygulanan test, normal dağılım testidir. D'Agostino, Belanger ve D'Agostino (1990) normal dağılım testi sonuçlarına göre $H_0:S=0$ ve $H_0:K=0$ temel hipotezleri reddedilmekte olup iki model için normal dağılımın geçerli olduğu görülmektedir.

Tablo 3.

Tanısal testler

		Model 1	Model 2	
Model spesifikasyon testi				
DeBenedictis-Giles Specification test	ResetS test	Modelde spesifikasyon hatası yoktur.	0.367[0.8317]	1.527[0.1949]
Heteroskedasite testi				
Levene, Brown ve Forsythe testi		Birimlerin varyansı eşittir.	-	6.5962**
Uyarlanmış Wald testi			218.30**	-
Otokorelasyon testi				
Durbin-Watson testi		Hata terimlerinde	0.8308	1.6407
Baltagi-Wu LBI testi		otokorelasyon yoktur.	1.192	1.804
Birimler arası korelasyon testi				
Pesaran testi		Birimler arası korelasyon yoktur.	3.965**	22.698**
Frees testi			3.859 (0.5676)	8.678 (0.4325)
Friedman testi			31.415	79.718**
Çoklu doğrusal bağlantı testi				
VIF testi		Modelde çoklu doğrusal bağlantı yoktur.	2586.56	3016.35
Normallik testi				
Birim etki hata bileşenin normal dağılımı için Joint testi		Hata terimi normal dağılmaktadır.		4.72[0.0943]
D'Agostino, Belanger ve D'Agostino	Artık hatanın normal dağılımı için		0.1538[0.926]	
Joint testi				1.22[0.5427]

Not: **, *, ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyesini göstermektedir.

Tablo 3'ten elde edilen bilgiler doğrultusunda her iki model için de heteroskedasite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyonun varlığında dirençli bir tahminci olarak Driscoll-Kraay model tahmincisinin uygun olduğu görülmektedir. Model 1 için sabit ekiler için Driscoll-Kraay tahmincisi, Model 2 için ise tesadüfi etkiler için Driscoll-Kraay tahmincisi kullanılmaktadır. Elde edilen bulgulara göre NO_x için oluşturulan Model 1'de kişi başına reel GSYİH değişkeni, NO_x emisyonlarını negatif olarak etkilemektedir. Ülke ekonomisinde meydana gelen %1'lik bir artış azot oksitleri % 1.673 azaltmaktadır. Benzer şekilde, kişi başına reel GSYİH'nin karesindeki %1'lik bir artış azot oksitleri % 0.5604 azaltmaktadır. Görüldüğü üzere ekonomik büyümenin hava kirliliği emisyonlarını azaltma gücü giderek azalmaktadır. Bu durum, ekonomik büyümenin emisyonları azaltma gücünün ekonomik büyüme arttıkça azaldığını göstermektedir. Hatta kişi başına reel GSYİH'nin küpü ile emisyon değeri arasındaki ilişkinin pozitifte döndüğü görülmektedir. Bu bulgu oldukça önemlidir. EKC hipotezinin NO_x emisyonları için geçerli olmadığına bir kanıtı niteliğindedir. Ekonomik büyüme ve emisyonlara dair elde edilen bilgilere ek olarak ulaşımda kullanılan nihai enerji tüketiminin NO_x emisyonlarını artırıcı bir etkisi olduğu ortaya konmaktadır. Model 1'in tahmin sonuçlarına göre ulaşırmada kullanılan enerji tüketimindeki %1'lik bir artış, emisyonlarda %1.097'lik bir artışa sebebiyet vermektedir. Benzer şekilde sanayide kullanılan fosil yakıtlar da emisyonları pozitif bir şekilde etkilemektedir. Sanayi üretiminde kullanılan fosil yakıtlardaki %1'lik bir artış emisyonlarda %0.0591'lik görece küçük bir artışa neden olmaktadır. İnşaat üretimindeki artışın azot oksitler üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır.

Model 2 için ise elde edilen bulgulara göre ekonomik büyüme ve SO_x emisyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememektedir. Bu modelde sadece ulaşırmada kullanılan nihai enerji tüketimi ve sanayide kullanılan fosil yakıtlarının kükürt oksitler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu etkiler sırasıyla %0.584 ve %0.538'dir.

Tablo 4.

Driscoll-Kraay Model Tahmin Sonuçları

	Model 1	Model 2
lnNO (Model 1 için bağımlı değişken)		
lnSO (Model 2 için bağımlı değişken)		
lnRGSYİH	-1.673** (0.010)	-4.208 (0.535)
lnRGSYİH ²	-.5604* (0.026)	-.2936 (0.909)
lnRGSYİH ³	.1301** (0.001)	-0.0459 (0.889)
lnUET	1.097** (0.000)	0.584** (0.002)
lnN	-4.348** (0.000)	0.3345 (0.235)
lnSFY	.0591** (0.000)	.538** (0.003)
lnİÜ	.0058 (0.911)	-
Cons	21.473** (0.000)	5.0236 (0.409)
F (prob > F)	31594.71 [0.000]	-
Wald chi2	-	1226.98[0.000]
R-squared (within)	0.8005	0.4455
Rho	0.9994	0.5878
Number of obs	256	258
Number of groups	26	26

Not: **, *, ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyesini göstermektedir. 1. eşik değer -0.0575, 2. eşik değer ise 2.9275 olarak hesaplanmıştır. Bunların

kişi başına reel gayrisafi yurt içi hasıla karşılığı sırasıyla 944 Euro ve 18,676 Euro'dur.

Buradan elde edilen bulgular, EKC hipotezinin geçerliliğin sorgulanması hususunda oldukça önemlidir. Çünkü aynı örneklem için bir hava kirliliği göstergesi olarak NO_x ile büyüme arasında ilişki tespit edilirken; SO_x ile ekonomik büyüme arasında hiçbir bağlantı saptanamamıştır. Dolayısıyla EKC hipotezinin kullanılan hava kirliliği göstergelerine göre geçerliliğinin değişebileceği yönündeki sav ve bulguları destekler yönde bir sonuç elde edilmiştir. Daha önemlisi NO_x için hesaplanan bulgular EKC hipotezinin tam tersi yönde bir ilişkiyi işaret etmektedir. Bu bulguya dayanarak esasında çevresel tahribata yol açmayan bir ekonomik büyüme düzeyinin imkân dahilinde olduğu; fakat sınırlı gezegen yapısı içerisinde sınırsız bir şekilde büyümenin çevreyi olumsuz yönde etkilemeye başlayacağı söylenebilir.

Bu bilgilerden hareketle AB-27 üyesi ülkelerin ele alınan dönem kapsamında ekonomik büyümelerini bahsi geçen direktifler bağlamında sürdürdükleri ve dolayısıyla ekonomik büyümenin azot oksitler üzerinde azaltıcı bir şekilde etki oluşturduğu sonucunun çok da şaşırtıcı olmadığını söylenebilir. Diğer taraftan elde edilen bulgulara dayanarak yoğun kısıtlar altında ve çevresel iyi olma halini önceleyen büyümenin bile bir eşiği olduğu ve bu eşiği geçtikten sonra çevreye zarar vermenin kaçınılmaz olduğu yorumunu yapmak da mümkündür.

Son olarak yinelemek gerekir ki bu çalışmadan elde edilen bulgular örneklem ve ele alınan dönem bağlamında EKC hipotezi hakkında bilgi sunabilmektedir. Daha geçmiş veya daha ileriki tarihlere yönelik çalışmalarda farklı sonuçların elde edilmesi kuvvetle muhtemeldir.

Sonuç

Ana akım iktisat, sınırsız ekonomik büyüme iddiasının Dünya sisteminin yapısıyla uyumsuz olduğu gerekçesiyle eleştirilerek maruz kalmaktadır. Bu yaklaşım, bir ülkenin ve vatandaşlarının refah seviyesinin, ekonomik büyümenin devam ettirilmesiyle yukarı yönlü bir çizgide ilerleyeceği inancına dayanmaktadır. Oysa bu inanç, gezegen sınırlarının aşılmasının ve ekosistem tahribatının göz ardı edilmesiyle temellendirilmektedir. Salt ekonomik büyümeyi hedefleyen politikalar, çevreye yansıyan negatif dışsallıkları yeterince önemsemezken, bu dışsallıklara ilişkin sorunların çözümünü daha fazla büyüme üzerinden sağlamaya çalışmaktadır. EKC hipotezi bu

bakış açısını destekleyen ampirik çalışmalara ve bulgulara olanak tanımaktadır. Ancak, yaklaşık otuz yıllık bir süreçte gerçekleştirilen ampirik analizler, söz konusu varsayımın sorgulanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Nitekim, ekonomik büyümenin belirli bir eşğin ötesinde çevresel tahribatı azaltacağı yönündeki iddiayı çürüten çok sayıda çalışma literatürde yer almaktadır. Bu çalışmada ise özellikle azot oksitler ve kükürt oksitler bağlamında EKC hipotezinin sorgulanabilir olduğu bir kez daha hatırlatılmaktadır. Öte yandan çevreye zarar vermeyen ya da çevresel iyileşmeyi beraberinde getiren, yani pozitif dışsallık sağlayan bir ekonomik büyüme modeli mümkündür ve kabul edilebilirdir; ancak bunu sağlayan eşik değerin geçilmesi ve daha fazla ekonomik büyüme arzusu, kaçınılmaz olarak hava kirliliği pahasına olacaktır.

Elde edilen bulgular, SO_x ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir anlamlı istatistiksel ilişkiyi göstermezken; NO_x için kişi başına reel gayrisafi yurt içi hasılanın 944 Euro'ya kadar azot oksitleri azaltıcı bir etkisinin olduğunu, 944 Euro'dan 18,676 Euro'ya kadar ise azaltıcı etkinin azalarak devam ettiğini göstermektedir. 18,676 Euro itibarıyla ise ekonomik büyümenin azot oksitleri arttırıcı etkisi ortaya çıkmaktadır. Bu durum, başlangıçta da ifade edildiği gibi sınırsız bir büyüme ancak Dünya sisteminin sınırlarının ihlali ile mümkün olabilmektedir. Böyle bir sonuç ise insanlığa refah getirmek şöyle dursun türlü hayati riskleri ve ölümcül tahribatları meydana getirmektedir. Ancak AB-27 üyesi ülkelerin 2008 yılı itibarıyla çevresel tahribat kapsamında hava kirliliğine ilişkin aldığı kararlar, bu türden tahribatların önüne geçmek adına dikkat çekicidir. Bu kararlar, takip eden yıllarda daha yüksek çevresel hedeflere ulaşmak amacıyla yeniden değerlendirilmiş ve güncellenmiştir. Bahsi geçen eylem planı, AB-27 üyesi tüm ülkeleri kapsamaktadır. Dolayısıyla Çevresel Hava Kalitesi Direktifi ve Ulusal Emisyon Tavanları'nın etkinliği göz önünde bulundurulmalıdır. 11 Aralık 2019 tarihli Avrupa Yeşil Mutabakatı ise üye ülkeler için 2050 yılına kadar ulaşılması düşünülen hedefi net bir şekilde ortaya koymaktadır ve hem ulusal hem de uluslararası tüm önlem ve teşviklerin hayata geçirilmesi için büyük kararlılık göstermektedir. Buna göre tüm sektörlerde iklim-nötr bir büyümenin elde edilmesi elzemdir. Birlik, söz konusu çevre mücadelesini politikalar kapsamında yoğun bir şekilde desteklemekte ve aksi eylemlerin önüne geçmek adına yasa yapıcının caydırıcı gücünden faydalanmaktadır. 30 Haziran 2021 tarihinde kabul edilen Avrupa İklim Yasası bu hususta atılan önemli adımlardan biri olarak değerlendirilebilir.¹ AB özelinde hegemonik

1 Bknz. https://www.ab.gov.tr/fasil-27-cevre_92.html

bir gücün uyguladığı bu politikalarla, çevresel yıkımlara karşı alınan tedbir ve iyileştirici kararların titizlikle uygulanması suretiyle, çevresel onarımı destekleyen ekonomik büyüme modellerinin mümkün olduğu gözlemlenebilmektedir.

Dolayısıyla çalışmada tercih edilen dönem, alınan kararların çevresel etkilerinin gözlemlenmesinin muhtemel olduğu bir zaman aralığını içermektedir. Literatürdeki diğer ampirik analizlerden farklı olarak, bu çalışma, çevresel tahribat olmaksızın ekonomik büyümenin azalan marjinal iyileştirici etkisine rağmen belirli bir seviyeye kadar sürdürülebilir olabileceğini, ancak büyüme politikasında ısrarcı olunması durumunda çevresel yıkımın ortaya çıkacağını vurgulamaktadır.

Ek Beyan / Declaration

Makalenin tüm süreçlerinde TESAM'ın araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak hareket edilmiştir.

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

In all processes of the article, TESAM's research and publication ethics principles were followed.

There is no potential conflict of interest in this study.

The author declared that this study has received no financial support.

Kaynakça

A. H. Elamir, E. (January 2022). Assessing Homoscedasticity Graphically: Levene-Brown-Forsythe Approaches: Accepted. *REVSTAT-Statistical Journal.*, 1-19.

Awad, A., & Warsame, M. H. (2017). Climate changes in Africa: Does economic growth matter? A semiparametric approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(1), 1-8. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/361686> adresinden alındı

Aydin, M., Koc, P., & Sahpaz, K. I. (2023). Investigating the EKC hypothesis with nanotechnology, renewable energy consumption, economic growth and ecological footprint in G7 countries: panel data analyses with structural breaks. *Energy Sources Part B: Economics, Planning, and Policy*, 18(1)(2163724). doi:<https://doi.org/10.1080/15567249.2022.2163724>

Azam, M. (2016). Does environmental degradation shackle economic growth? A panel data investigation on 11 Asian countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 175-182. doi:10.1016/j.rser.2016.06.087

Bakhsh, K., Akmal, T., Ahmad, T., & Abbas, Q. (2022). Investigating the nexus among sulfur dioxide emission, energy consumption, and economic growth: empirical evidence from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(5), 7214-7224. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15898-9> adresinden alındı

Baltagi, B. H., & Li, Q. (1991). A joint test for serial correlation and random individual effects. *Statistics & Probability Letters*, 11(3), 277-280. doi: doi:10.1016/0167-7152(91)90156-1

Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? whose environment? . *World Development*, 20(4), 481-496. doi:10.1016/0305-750x(92)90038-w

Bhargava, A., Franzini, L., & Narendranathan, W. (1982). Serial Correlation and the Fixed Effects Model. *The Review of Economic Studies*, 49(4), 533-549.

Boehnert, J. (2018). Anthropocene Economics and Design: Heterodox Economics for Design Transitions. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 4(4), 355-374. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2018.10.002> adresinden alındı

Brown, M., & Forsythe, A. B. (1974). Robust tests for equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*, 69, 364-367.

Ciarlantini, S., Madaleno, M., Robaina, M., Monteiro, A., Eusébio, C., Carneiro, M. J., & Gama, C. (2023). Air pollution and tourism growth relationship: Exploring regional dynamics in five European countries through an EKC model. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(15), 42904-42922. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18087-w> adresinden alındı

Coggin, T. D. (2023). CO₂, SO₂ and economic growth: a cross-national panel study. *Journal of Economics and Finance*, 47(2), 437-457. <https://doi.org/10.1007/s12197-023-09615-0> adresinden alındı

D'Agostino, R. B., Belanger, A., & D'Agostino, R. B. (1990). A suggestion for using powerful and informative tests of normality. *The American Statistician*, 44(4), 316-321.

Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of Economic Perspectives*, 16, 147-168.

DeBenedictis, L. F., & Giles, D. E. (1998). Diagnostic Testing in Econometrics: Variable Addition, RESET, and Fourier Approximations. A. Ullah, & D. Giles içinde, *Handbook of Applied Economic Statistics* (s. 383-417). New York: Marcel Dekker.

Dechezleprêtre, A., Rivers, N., & Stadler, B. (2019). The economic cost of air pollution: Evidence from Europe. *OECD Economics Department Working Papers*(1584). <https://doi.org/10.1787/56119490-en> adresinden alındı

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, 49(4), 431-455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011> adresinden alındı

Dobson, A. (2007). *Ekolojizm* (2. b.). (C. Yücel, Çev.) Yeni İnsan Yayınevi.

Ellison, J. M., & Waller, R. E. (1978). A review of sulphur oxides and particulate matter as air pollutants with particular reference to effects on health in the United Kingdom. *Environmental research*, 16(1-3), 302-325. [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(78\)90164-0](https://doi.org/10.1016/0013-9351(78)90164-0) adresinden alındı

Fotis, P. (2017). Energy efficiency measures & environmental pollutants: a dynamic panel data analysis within EU. *The economies of*

Balkan and Eastern Europe countries in the changed world (EBEEC 2017) and sixteenth conference on research on economic theory and econometrics (CRETE 2017). <https://www2.aueb.gr/conferences/Crete2017/Papers/Fotis.pdf> adresinden alındı

Frees, E. W. (1995). Assessing cross-sectional correlation in panel data. *Journal of Econometrics*, 69(2), 393-414.

Friedman, M. (1937). The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32, 675-701.

Gao, J., & Zhang, L. (2021). Exploring the dynamic linkages between tourism growth and environmental pollution: new evidence from the Mediterranean countries. *Current Issues in Tourism*, 24(1), 49-65. doi:10.1080/13683500.2019.1688767

Ge, X., Zhou, Z., Zhou, Y., Ye, X., & Liu, S. (2018). A Spatial Panel Data Analysis of Economic Growth, Urbanization, and NOx Emissions in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4)(725). <https://doi.org/10.3390/ijerph15040725> adresinden alındı

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and the Environment . *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443> adresinden alındı

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics* (5. b.). McGraw Hill Inc.

Guliyev, H., & Tatoğlu, F. Y. (2023). The relationship between renewable energy and economic growth in European countries: Evidence from panel data model with sharp and smooth changes. *Renewable Energy Focus*, 46, 185-196. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.06.005> adresinden alındı

Han, C., Gu, Z., & Yang, H. (2021). EKC test of the relationship between nitrogen dioxide pollution and economic growth—A spatial econometric analysis based on Chinese city data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 1-15. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189697> adresinden alındı

Hausman, J. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271.

Hoek, G. B., Goldbohm, S., Fischer, P., & van den Brandt, P. A. (2002).

Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *The lancet*, 360(9341), 1203-1209. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11280-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11280-3) adresinden alındı

Huang, J. T. (2018). Sulfur dioxide (SO₂) emissions and government spending on environmental protection in China-Evidence from spatial econometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 175, 431-441. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.001> adresinden alındı

IARC (International Agency for Research on Cancer). (2013, October 17). IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. France. 11 12, 2024 tarihinde https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr221_E.pdf adresinden alındı

Isik, C., Ongan, S., & Özdemir, D. (2019). The economic growth/development and environmental degradation: evidence from the US state-level EKC hypothesis. *Environmental Science and Pollution Research*(26), 30772-30781. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06276-7>

Jing, G., & Lei, Z. (2021). Exploring the dynamic linkages between tourism growth and environmental pollution: new evidence from the Mediterranean countries . *Current Issues in Tourism*, 24(1), 49-65. doi:10.1080/13683500.2019.1688767

Kaika, D., & Zervas, E. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory—Part A: Concept, causes and the CO₂ emissions case. *Energy policy*, 62, 1392-1402. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.131>

Kihombo, S., Vaseer, A. I., Ahmed, Z., Chen, S., Kirikkaleli, D., & Adebayo, T. S. (2022). Is there a tradeoff between financial globalization, economic growth, and environmental sustainability? An advanced panel analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 3983-3993. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15878-z> adresinden alındı

Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality . *American economic review*, XLV (1). <https://assets.aeaweb.org/asset-server/files/9438.pdf> adresinden alındı

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. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.04.006> adresinden alındı

Laureti, T., Montero, J. M., & Fernández-Avilés, G. (2014). A local scale analysis on influencing factors of NO_x emissions: Evidence from the Community of Madrid, Spain . *Energy Policy*, 74, 557-568. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.06.012>

Leal, P. H., & Marques, A. C. (2020). Rediscovering the EKC hypothesis for the 20 highest CO₂ emitters among OECD countries by level of globalization. *International Economics*, 164, 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2020.07.001> adresinden alındı

Lee, C.-C., Chiu, Y.-B., & Sun, C.-H. (2009). Does One Size Fit All? A Reexamination of the Environmental Kuznets Curve Using the Dynamic Panel Data Approach. *Review of Agricultural Economics*, 31(4), 751–778. <http://www.jstor.org/stable/40588527> adresinden alındı

Liu, H., Gong, Y., & Li, S. (2024). Nonlinear impact and spatial spillover effect of new urbanization on PM_{2.5} from a multi-dimensional perspective. *Ecological Indicators*, 166 (112360). doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112360>

Lohwasser, J., Bolognesi, T., & Schaffer, A. (2025). Impacts of population, affluence and urbanization on local air pollution and land transformation—A regional STIRPAT analysis for German districts. *Ecological Economics*, 227(108416), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108416>

Lundquist, S. (2021). Explaining events of strong decoupling from CO₂ and NO_x emissions in the OECD 1994–2016. *Science of The Total Environment*, 793(148390). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148390> adresinden alındı

Luo, K., Li, G., Fang, C., & Sun, S. (2018). PM_{2.5} mitigation in China: Socioeconomic determinants of concentrations and differential control policies. . *Journal of environmental management*, 213, 47-55. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.044>

Madaleno, M., & Moutinho, V. (2021). Analysis of the New Kuznets Relationship: Considering Emissions of Carbon, Methanol, and Nitrous Oxide Greenhouse Gases—Evidence from EU Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6)(2907). <https://doi.org/10.3390/ijerph18062907> adresinden alındı

Mahmood, H., Furqan, M., Hassan, M. S., & Rej, S. (2023). The environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis in China: A review.

Sustainability, 15(7)(6110). <https://doi.org/10.3390/su15076110> adresinden alındı

Mejino-López, J., & Oliu-Barton, M. (2024). How much does Europe pay for clean air? *Working papers*(15/2024). <https://www.bruegel.org/system/files/2024-06/WP%2015%202024.pdf> adresinden alındı

Montero, J. M., Fernández-Avilés, G., & Laureti, T. (2021). A local spatial STIRPAT model for outdoor NO_x concentrations in the Community of Madrid, Spain. *Mathematics*, 9(6)(677), 1-33. <https://www.mdpi.com/2227-7390/9/6/677/pdf> adresinden alındı

Och, M. (2017). Empirical investigation of the environmental Kuznets curve hypothesis for nitrous oxide emissions for Mongolia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(1), 117-128. <http://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/download/3557/2420> adresinden alındı

Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 639-647. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117300692> adresinden alındı

Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. *World Employment Programme Research*. http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf adresinden alındı

Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environment and development economics*, 2(4), 465-484.

Pesaran, M. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *Cambridge Working Papers in Economics* 0435.

Pham, N. M. (2020). Environmental consequences of population, affluence and technological progress for European countries: A Malthusian view. *Journal of environmental management*, 260(110143). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110143> adresinden alındı

Pedroni, P. (2004). Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. *Econom Th*, 20:597-625. <https://doi.org/10.1017/S0266466604203073> adresinden alındı

Pope, C. A., Dockery, D. W., & Schwartz, J. (1995). Review of epidemiological evidence of health effects of particulate air pollution. *Inhalation toxicology*, 7(1), 1-18. <https://doi.org/10.3109/08958379509014267> adresinden alındı

Richardson, K., & vd. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Sci. Adv.*, 9. doi:10.1126/sciadv.adh2458

Roberts, T. D. (2011). Applying the STIRPAT model in a post-Fordist landscape: Can a traditional econometric model work at the local level? *Applied Geography*, 31(2), 731-739.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., . . . Foley, J. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <http://www.jstor.org/stable/26268316> adresinden alındı

Ru, M., Shindell, D. T., Seltzer, K. M., Tao, S., & Zhong, Q. (2018). The long-term relationship between emissions and economic growth for SO₂, CO₂, and BC. *Environmental Research Letters*, 13(12)(124021). doi:10.1088/1748-9326/aaee2

Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence. *Policy Research Working Paper Series*, 904.

Sinha, A., & Bhattacharya, J. (2017). Estimation of environmental Kuznets curve for SO₂ emission: A case of Indian cities. *Ecological indicators*, 72, 881-894. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.018> adresinden alındı

Stern, D. I. (2017). The environmental Kuznets curve after 25 years. *Journal of Bioeconomics*, 19, 7-28. doi:10.1007/s10818-017-9243-1

Studenmund, A. (2014). *Using Econometrics: A Practical Guide* (6 b.). Pearson Education Limited.

Tatoğlu, F. Y. (2021). *Panel veri ekonometrisi stata uygulamalı* (6 b.). İstanbul: Beta.

Usman, A., Ozturk, I., Naqvi, S. M., Ullah, S., & Javed, M. I. (2022). Revealing the nexus between nuclear energy and ecological footprint in STIRPAT model of advanced economies: Fresh evidence from novel CS-ARDL model. *Progress in Nuclear Energy*, 148(104220), 1-10. doi:10.1016/j.pnucene.2022.104220

Wang, M., Arshed, N., Munir, M., Rasool, S. F., & Lin, W. (2021). Investigation of the STIRPAT model of environmental quality: a case of nonlinear quantile panel data analysis. *Environment, development and sustainability*, 12217-12232. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01165-3> adresinden alındı

Wang, Q., Wang, X., & Li, R. (2024). Reinvestigating the environmental Kuznets curve (EKC) of carbon emissions and ecological footprint in 147 countries: a matter of trade protectionism. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(160), 1-17. <https://doi.org/10.1057/s41599-0> adresinden alındı

Wang, Y., Han, R., & Kubota, J. (2016). Is there an environmental Kuznets curve for SO₂ emissions? A semi-parametric panel data analysis for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1182-1188. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.143>

WHO. (2021). Global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. 12 15, 2024 tarihinde <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228> adresinden alındı

World Health Organization. (24, October 2024). Ambient (outdoor) air pollution. 12 13, 2024 tarihinde [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health#:~:text=Particulate%20matter%20\(PM\),with%20exposure%20to%20this%20pollutant.,%20\(%C3%87evrimi%C3%A7i\),13/12/2024](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health#:~:text=Particulate%20matter%20(PM),with%20exposure%20to%20this%20pollutant.,%20(%C3%87evrimi%C3%A7i),13/12/2024) adresinden alındı

Wu, J., Zheng, H., Zhe, F., Xie, W., & Song, J. (2018). Study on the relationship between urbanization and fine particulate matter (PM_{2.5}) concentration and its implication in China. *Journal of cleaner production*, 182, 872-882. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.060>

Yilanci, V., & Pata, U. (2020). Investigating the EKC hypothesis for China: the role of economic complexity on ecological footprint. *Environ Sci Pollut Res*, 32683–32694. doi:10.1007/s11356-020-09434-4

York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2003). STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological economics*, 46(3), 351-365. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00188-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00188-5) adresinden alındı

Yuan, R., Zhao, T., Xu, X., & Kang, J. (2015). Regional characteristics

of impact factors for energy-related CO₂ emissions in China, 1997–2010: Evidence from tests for threshold effects based on the STIRPAT. *Environmental Modeling and Assessment*, 20(2), 129–144. doi:10.1007/s10666-014-9424-4

Zhang, W. W., Sharp, B., & Xu, S. C. (2019). Does economic growth and energy consumption drive environmental degradation in China's 31 provinces? New evidence from a spatial econometric perspective. *Applied Economics*, 51(42), 4658–4671. doi:https://doi.org/10.1080/00036846.2019.1593943

Zhao, Y., Li, F., Yang, Y., Dai, R., Li, J., Wang, M., & Li, Z. (2023). Driving forces and relationship between air pollution and economic growth based on EKC hypothesis and STIRPAT model: evidence from Henan Province, China https://doi.org/10.1007. *Air Qual Atmos Health*, 16, 1891–1906. https://doi.org/10.1007/s11869-023-01379-0 adresinden alındı