



Büyümenin Girdileri Olan Kıymetli Metaller ve Petrol Fiyatlarının Karşılaştırmalı Analizi

Comparative Analysis of Precious Metals and Oil Prices as Inputs to Growth

Emre Çevik^a

^a Doç. Dr., Kırklareli Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Finans ve Bankacılık Bölümü, Kırklareli, Türkiye. E-posta: emre.cevik@klu.edu.tr

ÖZ Bu çalışmada, ekonomik büyüme ile fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının girdisi olan kıymetli metallerin fiyatları arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkileri araştırılmıştır. Özellikle elektrik enerjisinin depolanmasında yoğun olarak kullanılan kıymetli metallere olan talebin artması fiyatları arttıracak ve fosil yakıtlara olan talebi azaltacağından fosil yakıtların fiyatlarında düşüşe neden olacaktır. Bu amaçla 2012-2025 yılları arası aylık frekansa sahip sanayi üretim endeksi ile petrol fiyatları ve enerji geçiş metal endeksi arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkisi Engle-Granger yöntemi ile araştırılmıştır. Sonuç olarak hem petrol fiyatları hem de enerji geçiş metal endeksinin sanayi üretim endeksi ile uzun ve kısa dönemde ilişkili olduğu ancak enerji geçiş metal endeksinin petrol fiyatlarına göre hem uzun hem de kısa dönemde daha fazla etkili olduğu bulunmuştur. Bu sonuç, fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaldığı ancak kısa sürede bu bağımlılığın sona ermeyeceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler

büyüme • yenilenebilir enerji kaynakları • değerli metaller • Engle-Granger • petrol

ABSTRACT This study investigates the long and short-term relationships between economic growth and the prices of precious metals, which are inputs for fossil and renewable energy sources. Increased demand for precious metals, which are heavily used in the storage of electrical energy, will raise prices and reduce demand for fossil fuels, thereby causing a decline in fossil fuel prices. To this end, the long- and short-term relationship between the monthly industrial production index for the period 2012-2025, oil prices, and the energy transition metal index was investigated using the Engle-Granger method. As a result, both oil prices and the energy transition metal index were found to be related to the industrial production index in both the long and short term, but the energy transition metal index was found to be more influential than oil prices in both the long and short term. This result indicates that dependence on fossil fuels is decreasing, but that this dependence will not end in the short term.

Keywords

growth • renewable energy • precious metals • Engle-Granger • oil



EXTENDED ABSTRACT

Since the Industrial Revolution, machine-based production has brought energy demand to the forefront; initially met by fossil fuels, this demand is shifting to renewable sources due to climate change concerns. Electric vehicle batteries and battery technologies are increasing demand for metals such as lithium, nickel, and cobalt, while fossil fuel dependence is decreasing but continues. This study examines the long-term and short-term relationships between economic growth and traditional (petroleum) and renewable energy inputs (REI), analyzing this transition in industrial production econometrically.

The relationship between growth and energy is debated in the literature. The IMF's Energy Transition Metal Index (EGME) represents renewable demand; demand could increase eightfold in net-zero scenarios. In this context, monthly data from 2012:06 to 2025:04 ($T=155$) for the world industrial production index (WIPI, Baumeister-Hamilton), Brent oil prices (OP, EIA), and EGME (IMF) were used. Data were indexed to a base year of 2016=100; seasonality was adjusted using dummy variables, and logarithmic transformations were applied.

The study includes the world industrial production index, Brent crude oil prices, and the energy transition metals index as variables for measuring economic growth. The average value of the WPI is 104.65, reaching its maximum value of 118.29 and its minimum value. PF has the highest average (170.12) among the variables and is the variable with the highest and lowest maximum and minimum values, respectively, compared to the other variables. However, when stan-

dard deviations are examined, PF has the highest standard deviation, while IPI has the lowest standard deviation. These statistics show that IPI was stable during the analysis period, while PF and EGME were relatively more unstable compared to IPI.

In the study, the stationarity of the variables was examined using the unit root tests of Dickey and Fuller (1979) and Phillips and Perron (1988). The cointegration analyses between the variables were determined using the method of Engle and Granger (1987). Finally, the error correction model obtained from the analysis results was reported. According to the unit root tests results, it was concluded that all three variables are stationary when the first difference is taken.

Since all variables are stationary when their first differences are taken, their long-term and short-term relationships have been investigated. Using the Engle and Granger (1987) methodology, it was examined whether the variables are cointegrated. In models where the dependent variable is $\ln IPI$, it was concluded that $\ln IPI$ is cointegrated with $\ln OP$ and $\ln EGME$.

The slope coefficients of the models were obtained using recursive coefficient estimates. First, $\ln OP$ has a higher impact on $\ln EGME$ and $\ln IPI$ in both the long- and short-term. This result indicates that metal prices used in renewable energy technology, rather than oil prices, are coming to the fore in global industrial production. In other words, economic growth is becoming more sensitive to alternative energy sources. Looking at the long-term recursive coefficient estimates, structural breaks in industrial production continued until mid-2014. Although the elasticity of

oil prices on the industrial production index changed after Covid-19, this change is not very high for LnEGME compared to oil prices. When short-term self-regulating coefficient estimates are examined, the post-Covid-19 change is more pronounced.

According to the error correction model prediction results, which provide both long-term and short-term dynamics between variables, the error correction term (ECT) is statistically significant in both models; it is predicted to be negative and between 0 and 1. When there is a long-term deviation between oil prices and the industrial production index, each period converges to its old equilibrium by 13.1%. In other words, they will have converged to their old long-term equilibrium after 7.6 months. When there is a deviation in the long-term relationship between the energy metal transition index and the industrial production index, each period will converge to its old long-term equilibrium by 12.3%. In this case, they will have converged to their old long-term equilibrium after 8.1 months.

Although the convergence rates are relatively different from each other, there are no significant differences between them.

As a result, while the global economy is shifting towards clean energy in line with sustainable development goals, the basic inputs of industry are also changing. Although the dependence on fossil fuels that has continued since the industrial revolution is gradually giving way to clean energy sources in line with climate change and sustainable development goals, this transition process will not happen in a very short period. In order to make economic growth sustainable, policymakers must consider not only fluctuations in fossil fuel prices but also the supply and price stability of metal markets, which play a critical role in the energy transition. Strategies that secure access to precious metals should be developed to accelerate renewable energy investments, and economic growth models that support climate goals by moving away from fossil fuels should be developed.

Giriş

Sanayi devriminden sonra işgücünün makinelere yoğunlaşması beraberinde enerjiye olan talebi ön plana çıkarmıştır. Tarım, hizmet, ulaşım ve en önemlisi sanayi sektörleri için enerji tüketimi ekonomik faaliyetleri etkilediği gibi ülkelerin gelişmişlik seviyelerinin ölçülebilmesi için kişi başına tüketilen enerji miktarı oldukça önemlidir (Ağırkaya, 2022). Bu nedenle hem kalkınma hem de ekonomik büyüme için enerji tüketimi ülkelerin politikalarının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Başlangıçta kömür ve petrol gibi fosil yakıtlarla karşılanan bu talep teknolojinin ilerlemesi ve çevreye olan zararları nedeniyle yerini temiz enerji adı verilen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen elektrik enerjisinin üretiminde hidroelektrik santraller, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi kaynaklar kullanılmasına rağmen nükleer ve doğalgaz çevrim santralleri gibi fosil yakıtlara olan ihtiyaç halen azalmamıştır. Fosil yakıtlara olan bu bağlılık beraberinde iklim değişikliğine yol açıp ülkelerin çevreyi koruma amacıyla üretim politikalarında değişiklik yapmalarına sebep olmuştur. Kyoto protokolü ile başlayan karbon emisyonunu azaltma çalışmaları, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında devam etmektedir. Özellikle otomotiv sektöründe motorin ve benzin tüketimini azaltmak için hibrit ve elektrikli araçların üretimine hız verilmiştir. Ancak elektrik enerjisinin depolanması için gerekli olan pillerin üretiminde kullanılan lityum, nikel, kobalt, manganez, alüminyum ve çelik gibi metallere olan talebi arttırmıştır.

Bu çalışmada ekonomik büyüme ile petrol fiyatları ve Uluslararası Para Fonu (IMF) tarafından oluşturulan Enerji Geçiş Metal Endeksi (EGME) arasındaki uzun ve kısa dönem ilişki ele alınmıştır. Yenilenebilir enerjiye geçiş göstergesi olarak kullanılan EGME, kıymetli metal fiyatlarının birleşiminden oluşup endeksteki artış yenilenebilir enerjiye olan talebi göstermektedir.

Enerji ve Büyüme

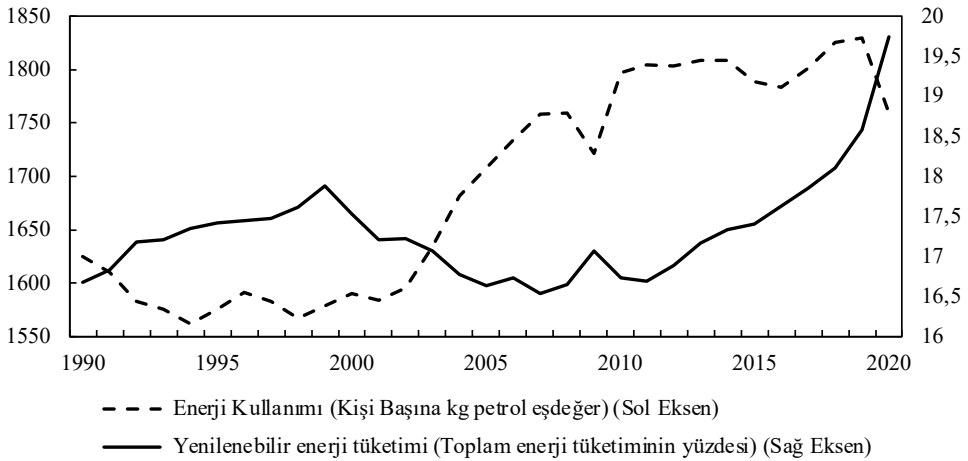
Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki, 1970’lerde yaşanan petrol krizi ile başlayıp günümüzde halen daha önemini korumaktadır (Bayar, 2014). Büyüme ile enerji tüketimi arasındaki literatür incelendiğinde ülkelere ve dönemlere göre üç durumla karşılaşılmaktadır. Bunlar büyümeye dayalı enerji tüketimi (Kraft ve Kraft, 1978; Aqeel ve Butt, 2001; Adhikari ve Chen, 2012; Hwang ve Yoo, 2014) hipotezini destekleyip enerji tüketiminin nedeninin ekonomik büyümeden kaynaklandığını göstermektedir. Diğer taraftan enerji tüketimine dayalı büyümeyi destekleyen çalışmalar da mevcuttur (Hamilton, 1983; Burbridge ve Harrison, 1984; Stem, 1993).

Klasik iktisatçılar, büyümenin emek ve sermayeye dayalı olduğunu savunurken neo-klasik iktisatçılar ise enerjinin büyümede içsel bir faktör olduğunu savunmaktadırlar (Pehlivan,

2023). Sanayi devriminden sonra emek-yoğun üretimin yerini makineye dayalı üretime bırakması ve bununla beraber gelişen teknolojinin temel girdisi haline gelen enerji, 1970’lerde baş gösteren petrol krizi ile ülkelerin üretim ve jeopolitik stratejilerini değiştirmiştir. Ancak özellikle fosil yakıtların temel enerji kaynağı olarak kullanılması, sera gazı salınımlarının artmasıyla beraber iklim değişikliğini beraberinde getirmiştir. Bu nedenle, çevreye olan duyarlılık artmış ve fosil yakıtlar yerine alternatif temiz enerji kaynaklarına yönelim başlamıştır. Şekil 1’de 1990-2020 yılları arasında dünyada kişi başına enerji tüketimi ile kullanılan yenilenebilir enerjinin toplam enerji tüketimi içerisindeki payları yer almaktadır. 2000’li yılların başlarından 2009’un sonlarına kadar enerji tüketimindeki artış hızı 2010 yılından sonra azalmıştır. Ancak yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içerisindeki payının artışı 2010 yılından sonra hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu durum, dünyada kullanılan enerji türünün yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneldiğinin göstergesidir.

Şekil 1

Yenilenebilir ve toplam enerji kullanımının zaman yolu grafiği



Kaynak: Dünya Bankası, Dünya Gelişmişlik Göstergeleri

Enerji geçiş metal endeksi (EGME) bakır, lityum, kobalt, nikel gibi yenilenebilir enerji teknolojileri için kritik metallerin fiyatlarını izleyen endekslerden bir tanesidir. Ekonomik büyüme ile doğrudan pozitif ilişki gösteren bu endeks net-sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda bu metallere olan talebi gösterir. Boer ve arkadaşlarına göre (2023) 2021-2040 yılları arasında metallere olan talep dört katına çıkacak ve piyasa değeri 11 trilyon dolar ile petrole rakip olup fiyat şokları, özellikle fosil yakıtlara bağımlı ekonomilerde GSYİH büyümesini %1-2 oranında yavaşlatacaktır. Avustralya ve Şili gibi mineral zengini ülkelerde ise %3-5 oranında ekstra büyüme kaydederken, geri dönüşüm ve stoklama eksiklikleri

küresel riskleri arttıracaktır. Bu durum, Sadorsky'nin (2009) yenilenebilir enerji-gelir geri besleme hipotezini metal piyasalarına genişletmektedir.

EGME, düşük karbonlu bir gelecek için gerekli olan hammaddeler ile daha geniş ekonomik performans arasındaki karmaşık ilişkiyi değerlendirmek için kritik bir endeks olarak ortaya çıkmıştır. Lityum, kobalt, bakır ve nadir toprak elementleri gibi metallerin madenciligi ve işlenmesiyle uğraşan şirketlerin hisselerini takip eden bu özel endeks, ileriye dönük bir gösterge görevi görmektedir. Yüksek ve istikrarlı EGME değerleri, temiz enerji teknolojisi tedarik zincirine yönelik güçlü yatırım ve güvenin işaretidir. Bu durum yenilenebilir enerji, elektrikli araç ve ileri imalat sektörlerinin büyümesini doğrudan desteklemektedir. Yükselen EGME, genellikle istihdam yaratma, sermaye yatırımı ve gelişmiş endüstriyel rekabet gücü yoluyla toplam ekonomik büyümeyle ilişkilidir. Sürdürülebilir ekonomik büyüme kapsamında, enerji geçişini finanse etmek için gerekli sermaye ve politika desteğini alarak bu önemli metallerin talebi artar ve endeksin gücünü pekiştir. Dolayısıyla EGME, yalnızca finansal bir ölçüt olarak değil, bir ekonominin enerji tabanını dönüştürme ve endüstriyel ve ekonomik genişlemenin bir sonraki aşamasını güvence altına alma kapasitesinin dinamik bir göstergesi olarak da işlev görür.

Literatür Özeti

1970'lerden günümüze kadar ekonomik büyüme ile enerji arasındaki çalışmalar literatürde geniş yer kaplamaktadır. Kraft ve Kraft (1978) ile başlayan ampirik çalışmalar Hamilton (1983) ile iktisatçılar arasında ilgi çeken konu haline gelmiştir. Burbidge ve Harrison (1984) petrol fiyatı, çıktı, fiyat düzeyi, faiz ve dış denge gibi serileri içeren bir model vektör otoregresif (VAR) model ile tahmin edip, sistemdeki her değişkene gelen petrol şokunun zaman içindeki dinamik etkilerini incelemişlerdir. Mork (1989), Hamilton (1983) çalışmasını analizlere dahil olan dönemdeki petrol fiyatlarının yukarı yönlü olması nedeniyle eleştirmiş ve petrol fiyatlarındaki düşüşün yaşandığı dönemlerde de büyüme ile petrol fiyatları arasındaki ilişkinin devam edip etmediğini araştırmıştır. Hooker (1996), üç aylık ABD verileri ile iki değişkenli Granger nedensellik testleri ve VAR modelleri kullanılarak, GSYİH'deki petrol yoğunluğunun azalması, tedarik kesintilerini tamponlayan envanter yönetiminin iyileştirilmesi ve üretim istikrarından çok enflasyon hedeflemesini ön plana çıkaran para politikasındaki değişikliklerin 1986 öncesi petrol şoklarının üretim düşüşlerini ve enflasyonu önemli ölçüde öngördüğünü, ancak 1986 sonrası benzer fiyat oynaklığına rağmen bu ilişkinin ortadan kalktığını tespit etmiştir.

2000'li yıllarda enerji ile ekonomik büyüme arasındaki çalışmalar oldukça yoğun bir şekilde araştırılmıştır. Abeyasinghe (2001) petrol fiyatlarının 12 ekonominin GSYİH büyümesi üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini ölçerek ticaret matrisi aracılığıyla aktarılan dolaylı etki nedeniyle, Endonezya ve Malezya gibi net petrol ihracatçılarının yüksek petrol

fiyatlarından olumsuz etkilendiği sonucuna ulaşmıştır. Cunado ve De Garcia (2003) yapısal kırılmalı eştümleşme analizleri ile petrol fiyatlarının enflasyon üzerinde kalıcı; büyüme oranları üzerinde ise kısa dönemli ancak asimetrik etkiler yarattığını ve ülkelerin petrol fiyatlarındaki şoklara verdikleri tepkilerin farklı olduğunu bulmuşlardır. Hamilton (2003), petrol fiyatlarındaki değişiklikler ile GSYİH büyümesi arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi tanımlamak için Hamilton (2001) çalışmasında önerdiği esnek bir yaklaşım ile petrol fiyatlarındaki artışların petrol fiyatlarındaki düşüşlerden çok daha önemli olduğunu ve artışların önceki düşüşleri düzeltmekle kalırsa, tahmin gücünün önemli ölçüde azalacağını belirtip petrol arzındaki dışsal aksaklıkları araç olarak kullanarak doğrusal bir fonksiyonel formun tahminine dayalı alternatif bir yorum önermiştir. Jiménez-Rodríguez ve Sánchez (2005), çok değişkenli VAR analizi aracılığıyla hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modeller kullanarak petrol fiyatlarının reel GSYİH üzerinde doğrusal olmayan bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmada; petrol fiyatlarındaki artışların GSYİH büyümesi üzerinde düşüşlerden daha büyük bir etki yarattığı, düşüşlerin ise çoğu durumda istatistiksel olarak önemsiz kaldığı vurgulanmıştır. Guo ve Kliesen (2005) günlük ham petrol vadeli işlem fiyatları kullanılarak oluşturulan bir volatilité ölçüsünün, 1984-2004 dönemi boyunca gelecekteki gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) büyümesi üzerinde olumsuz ve önemli bir etkiye sahip olduğunu Granger nedensellik testi ile elde etmişlerdir. Elekdağ ve arkadaşları (2008) ham petrol üretimi ve ticaretini kapsayan küresel ekonomi modelinin beş bölge versiyonu için yapmış oldukları simülasyon analiziyle petrol arzı ve talebinin kısa ve orta vadeli tepkilerini azaltan reel uyum maliyetlerinin varlığında petrol fiyatlarındaki büyük içsel dalgalanmaların petrol ihraç eden ülkeler ile petrol ithal eden ülkelerin ticaret hadleri üzerinde büyük etkiler yaratarak bölgeler arasında önemli servet transferlerine yol açabileceğini; özellikle gelişmekte olan Asya gibi bölgelerde verimlilik artışının sürdürülebilir bir şekilde artması veya üretim teknolojisinin daha fazla petrol yoğun mallara kayabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Manera ve Cologni (2009), Markov rejim değişim modelleri ile gelişmiş yedi ülke için yapmış oldukları analizlerde pozitif petrol fiyatı değişiklikleri, net petrol fiyatı artışları ve petrol fiyatı oynaklığı, petrolün üretim büyümesi üzerinde etkili olduğu; reel GSYİH büyümesiyle petrol fiyatları arasında ters bir ilişki olduğunu bulgularla desteklemiştir. Berument ve arkadaşları (2010) petrol fiyat şoklarının MENA ülkelerinin üretim büyümesini nasıl etkilediğini VAR ile analiz edip petrol fiyatlarındaki artışların Cezayir, İran, Irak, Kuveyt, Libya, Umman, Katar, Suriye ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin üretimleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve olumlu; ancak, petrol fiyat şoklarının Bahreyn, Cibuti, Mısır, İsrail, Ürdün, Fas ve Tunus'un üretimleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı ve sonuncu ülke grubu için petrol arzı şoklarının üretim artışını düşürdüğü, ancak petrol talebi şoklarının üretim üzerindeki etkisinin pozitif kaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Elder ve Serletis (2010) petrol fiyatlarındaki dalgalanmanın, yatırım, dayanıklı tüketim malları tüketimi ve top-

lam üretim gibi çeşitli ölçütler üzerinde olumsuz ve istatistiksel olarak önemli bir etkisi olduğunu ve petrol fiyatlarındaki dalgalanmanın etkilerini göz önünde bulundurmanın olumsuz petrol fiyat şokuna karşı ekonomik faaliyetlerin olumsuz dinamik tepkisini şiddetlendirirken olumlu petrol fiyat şokuna karşı tepkisini zayıflattığını tespit etmişlerdir. Kilian ve Hicks (2013), 2003–2008 petrol fiyat şokunun beklenmedik ekonomik büyümeden kaynaklanıp kaynaklanmadığını doğrudan test edip küresel talep şoklarının baskın rol oynadığı sonucuna varmışlardır. Du ve arkadaşları (2010), Guntur ve Shripad (2020), Akinsola ve Odhiambo (2021), Bamaiyi (2024) ve Banerjee ve arkadaşları (2023) çalışmaları, yakın zamanda petrol fiyatları ile büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar arasında yer almaktadır.

Dünya genelinde nüfusun, enerjiye olan talebinin artması ve bunun sonucunda başta karbon salınımı olmakla beraber artan çevre kirliliğine önlem almak amacıyla ülkeler, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Bu durum iktisatçıları yenilenebilir enerji üretimi ve tüketiminin makroekonomik değişkenler üzerindeki etkilerini araştırmaya yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi ile iktisadi göstergeler arasındaki çalışmalara öncü sayılabilecek olan Sadorsky (2009) yenilenebilir enerji tüketimi ile gelir arasındaki ilişkiyi 18 gelişmekte olan ülke için panel veri analizi ve Granger nedensellik testi ile araştırıp uzun ve kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ile reel kişi başına GSYİH arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Pao ve Fu (2013), Brezilya için yapmış oldukları analizde reel GSYİH ile dört tür enerji tüketimi arasında eştümleşme analizleri sonucunda uzun dönemde ilişkili oldukları sonuçlarına ulaşmışlardır. Ntanos ve arkadaşları (2018) 25 Avrupa ülkesine ait verilerle yapmış oldukları analizlerde yenilenebilir enerji tüketimi ile yüksek GSYİH'ye sahip ülkelerin ekonomik büyümesi arasında, düşük GSYİH'ye sahip ülkelere kıyasla daha yüksek bir korelasyon olduğunu göstermişlerdir. Kasperowicz ve arkadaşları (2020) 29 Avrupa ülkesinde klasik üretim fonksiyonu çerçevesinde yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki uzun vadeli ilişkiyi inceleyip ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında uzun dönemde bir denge ilişkisi olduğunu ve yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Wang ve arkadaşları (2022) yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi, siyasi riskler, finansal riskler, ekonomik riskler ve bileşik riskler dahil olmak üzere yeni risk temelli perspektiflerden inceleyip bileşik ve siyasi riskleri eşik değişkenler olarak kullanıldığında, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında tek bir eşik olduğunu; bu eşik aşıldığında, yenilenebilir enerjinin ekonomik kalkınma üzerindeki olumlu etkisini arttırdığını vurgulamışlardır. Guliyev ve Tatoğlu (2023) Avrupa ülkeleri verileriyle yapısal kırılmalar içeren panel veri analizi kullanarak yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Analiz sonuçlarına göre ekonomilerin vatandaşlarına sürdürülebilir enerji sağlamak için harcamalarını artırmalarını veya yenilenebilir enerji tüketim kaynakları

için genel harcamaları daha verimli kullanmalarını; yerel yönetimlerin yenilenebilir enerji kullanan endüstrilere sübvansiyonlar ve vergi avantajları sağlayarak, bu enerji kaynaklarını hem halk hem de ekonomi için daha çekici ve uygulanabilir hale getirebileceğini önermişlerdir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük sorunu depolanmasıyla ilgilidir. Bu nedenle endüstride özellikle elektrik enerjisinin depolanabilmesi için pil ve batarya sistemlerinin geliştirilmesi önem kazanmıştır. Pil ve batarya sistemlerinde en önemli hammaddeler bakır ve lityum iken gelişen teknolojiler farklı metallerin alaşımlarıyla yeni çözümler üretmektedir. Bu nedenle kıymetli madenler adını alan bu metallere olan talep ve dolayısıyla fiyatlarını da artırmaktadır. Bu durum da iktisatçıların kıymetli madenler ile ekonomik gelişimleri arasındaki ilişkiyi incelemek için bir pencere aralamıştır. Çalışmanın konusu olan enerji geçiş metal endeksi ile büyüme arasındaki ilişkiyi doğrudan inceleyen çalışma bulunmamaktadır. Americo ve arkadaşları (2024) enerji geçişinin küresel makroekonomik etkilerini rüzgar, güneş ve elektrikli araçlar gibi temiz teknolojilerin evrimini analiz ederek fosil yakıt üreticilerinin (Suudi Arabistan, Rusya gibi) kısa vadede büyük kayıplar yaşayacağını, maden/mineral üreticilerinin (lityum, kobalt için Avustralya, Şili) ise net kazanç sağlayacağını öngörmüşlerdir. Agyapong ve arkadaşları (2025) enerji geçiş metal fiyat endeksi ile Uluslararası Enerji Ajansı'na üye 31 ülkenin enflasyon, faiz oranı, işsizlik oranı ve cari işlemler hesabı dengesi üzerindeki etkilerini inceleyerek ilgili makroekonomik değişkenler ile endeks arasında ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Veri Seti ve Yöntem

Çalışmada, ekonomik büyüme göstergesi olarak dünya sanayi üretim endeksi, brent petrol varil fiyatları ve enerji geçiş metal endeksi değişkenleri yer almaktadır. Değişkenlere ait bilgiler ve veri kaynakları Tablo 1'de yer almaktadır. Enerji geçiş metal endeksinin (EGME) baz yılı 2016 ve Baumeister ve Hamilton (2019)'nın güncellenerek yayınladıkları dünya sanayi üretim endeksinin (SÜE) baz yılı 2005 olmasından dolayı analizlerde ortak baz yılı önemli olmasından dolayı SÜE'nin baz yılı formülü ile 2006=100 olacak şekilde dönüştürülmüştür. Aynı şekilde petrol fiyatları (PF), 2016=100 olacak şekilde dönüştürülüp endekslerin ve petrol fiyatlarının değerinin 2016 yılında 100 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Tablo 1
Değişkenlere ait bilgiler

Değişken	Açıklama	Dönem	Veri kaynağı
SÜE	Dünya Sanayi Üretim Endeksi (2005=100)	Haziran 2012-Nisan 2025	Baumeister ve Hamilton (2019)
PF	Avrupa Brent Petrol Spot fiyatları (Varil/\$)	Haziran 2012-Nisan 2025	Birleşik Devletler Enerji Bilgi İdaresi
EGME	Enerji Geçiş Metal Endeksi (2016=100)	Haziran 2012-Nisan 2025	Uluslararası Para Fonu (IMF) Birincil Emtia Fiyat Sistemi

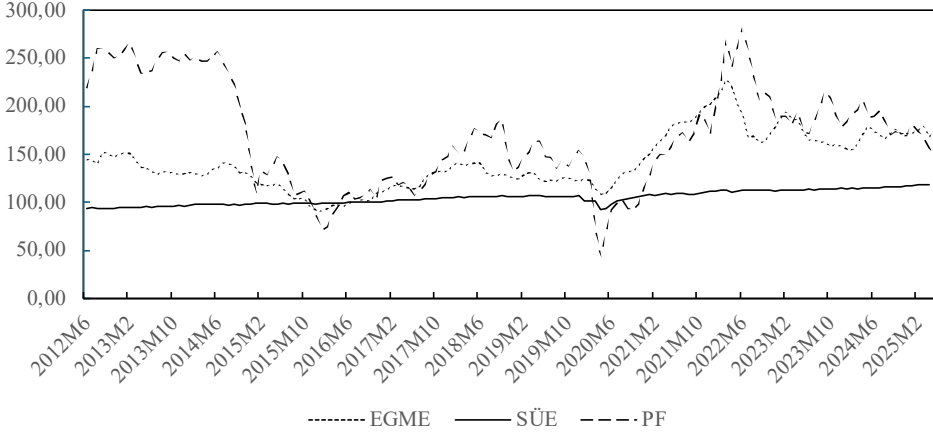
Tablo 2’de değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır. SÜE’nin ortalaması 104.65 olup maksimum değer olan 118.29’a Mart 2025’te ulaşp minimum değerine Nisan 2020 döneminde ulaşmıştır. PF, değişkenler arasında en yüksek ortalamaya (170.12) sahip olup maksimum ve minimum değerleri diğer değişkenlere göre, sırasıyla, en yüksek ve en düşük değere sahip olan değişkendir. Ancak standart sapmalar incelendiğinde PF en yüksek standart sapmaya sahip olup en düşük standart sapmaya SÜE sahiptir. Bu istatistikler, SÜE’nin analiz dönemi içerisinde istikrarlı olduğunu gösterirken PF ve EGME’nin SÜE’ye göre nispeten daha istikrarsız olduğunu göstermektedir.

Tablo 2
Tanımlayıcı istatistikler

İstatistik	SÜE	PF	EGME
Ortalama	104.654	170.120	141.929
Medyan	105.183	169.605	132.380
Maksimum	118.296	281.779	227.920
Minimum	92.777	42.206	90.470
Std. Sapma	6.960	54.031	29.263
Çarpıklık	0.163	0.142	0.572
Basıklık	1.864	2.156	2.791
T	155	155	155

Değişkenlerin zaman yolu grafikleri Şekil 2’de verilmiştir. Tablo 2’deki istatistiklere paralel olarak SÜE yavaş ama istikrarlı şekilde artmaktadır. PF ise başta Amerika Birleşik Devletleri ve Çin Halk Cumhuriyeti’nin 2015 yılı büyüme rakamlarının beklentilerinin altında olmasından dolayı 2016 yılı başlarında düşüş yaşamıştır. Ancak her üç değişkenin de düşüş yaşadığı ortak dönem Nisan 2020 dönemine denk gelmektedir. Bunun en temel sebebi 2019 yılı sonlarında ortaya çıkan ve hızlı bir şekilde tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisidir. Ayrıca 2015 yılından sonra PF ve EGME’nin birlikte hareket ettiği değişkenlerin zaman yolu grafiklerinden anlaşılmaktadır.

Şekil 2
Değişkenlerin zaman yolu grafiği



Yöntem

Engle ve Granger (1987) (EG), Granger (1981) tarafından önerilen eştümleşme ve hata düzeltme modelleri arasındaki ilişkiyi genişleterek içsel değişkenler arasında uzun dönem ilişkinin varlığını test etmektedir. Uygulama kolaylığı açısından en çok kullanılan yöntemlerden biri olan EG, regresyondan elde edilen artıkların durağan olup olmadığı; bir başka deyişle birim kök içerip içermediğine göre değişkenler arasında uzun dönem ilişki olduğunu test etmektedir (Akdi, 2012). EG yönteminde birinci fark alındığında durağan olan (I(1)) değişkenler için iki aşamada değişkenlerin eştümleşik olup olmadığı araştırılmaktadır. Y_t ve X_t düzeyde durağan olmayan seriler için ilk aşamada (1) numaralı eşitlik En Küçük Kareler Yöntemi (EKK) ile tahmin edilir:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_t + \varepsilon_t$$

İkinci aşamada ise (1) numaralı eşitlikten elde edilen artıklar $(\hat{\varepsilon}_t)$ genişletilmiş Dickey-Fuller (1979) testi ile (2) numaralı eşitlik ile EKK ile yeniden tahmin edilir ve durağan olup olmadıkları araştırılır. Eğer $\hat{\rho} < 0$ ise değişkenler eştümleşik; diğer durumlarda ise değişkenlerin eştümleşik olmadığı sonucuna ulaşılır.

$$\Delta \hat{\varepsilon}_t = \rho \hat{\varepsilon}_{t-1} + \sum_{i=0}^p \gamma_i \Delta \hat{\varepsilon}_{t-i}$$

Değişkenlerin eştümleşik olması sonucunda uzun ve kısa dönem ilişkilerini aynı anda gösteren hata düzeltme modeli Eşitlik 3'te yer almaktadır. Bu eşitlikte γ hata düzeltme teri iken hata düzeltme mekanizmasının çalışması için istatistiksel olarak anlamlı; negatif ve 0 ile 1 arasında değer alması beklenilmektedir.

$$\Delta Y_t = \gamma \hat{\epsilon}_{t-1} + \sum \beta_i X_{t-i} + \sum \alpha_i Y_{t-i} + v_t$$

Bulgular

Analizlere öncelikle değişkenlerin doğal logaritması alınarak devam edilmiştir. Değişkenlerin frekansları aylık olduğundan dolayı mevsimsellik içerip içermediği mevsimsel kukla değişken yöntemi ile kontrol edilmiş ve tüm değişkenlerin deterministik mevsimsellik içerdiği sonucuna ulaşılmıştır. Mevsimsel arındırma, değişkenlerin mevsimsel kukla değişkenler ile En Küçük Kareler Yöntemi (EKK) ile modellenip tahmin edilmiş ve mevsimsellikten arındırılmış seri olan model artıkları ile analizlere devam edilmiştir.

Değişkenlerin durağanlıkları genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) (1979) ve Phillips ve Perron (PP) (1988) birim kök testleri ile araştırılmıştır. Birim kök test sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır. Test denklemlerinde düzey değerler için sabitli ve trendli; birinci fark değerleri için sabitli modeller ele alınmıştır. Bu sonuçlara göre her üç değişkenin de birinci farkı alındığında durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3
Birim kök test sonuçları

Değişken		ADF		PP	
		Düzye	Birinci Fark	Düzye	Birinci Fark
LnSÜE		-3.904	-11.045	-3.425	-11.045
LnPF		-2.296	-9.471	-2.170	-9.242
InEGME		-2.333	-8.128	-2.131	-8.122
Kritik Değer	%1	-4.05	-3.50	-4.05	-3.50
		-3.45	-2.89	-3.45	-2.89
	%5	-3.15	-2.59	-3.15	-2.59
	%10				

Değişkenlerin tümü birinci farkı alındığında durağan olmasından dolayı aralarındaki uzun ve kısa dönem ilişkiler araştırılmıştır. Engle ve Granger (1987) metodolojisiyle değişkenlerin eştümleşik olup olmadığı araştırılmış ve sonuçlar Tablo 4'te raporlanmıştır.

Bağımlı değişkenin LnSÜE olduğu modellerde, LnSÜE ile LnPF ve LnEGME'nin eştümleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 4

Engle-Granger eştümleşme test sonuçları

Bağımsız değişken	Test İstatistiği	%5 Kritik Değer	Karar
LnPF	-3.267	-2.880	Eştümlesik
LnEGME	-3.908	-2.880	Eştümleşik

Aşağıda değişkenlere ait uzun ve kısa dönem modellerin tahmin sonuçları yer almaktadır. Şekil 3'te ise modellerin eğim katsayılarının özyinelemeli (recursive) katsayı tahminlerinin zaman yolu grafikleri yer almaktadır. Öncelikle uzun ve kısa dönemlerde LnEGME, LnSÜE üzerinde LnPF'ye göre daha yüksek etkiye sahiptir. Bu sonuç, dünya sanayi üretiminde petrol fiyatlarından ziyade yenilenebilir enerji teknolojisinde kullanılan metal fiyatlarının ön plana çıktığını göstermektedir. Bir başka deyişle ekonomik büyüme, alternatif enerji kaynaklarına daha duyarlı hale gelmektedir. Uzun dönem özyinelemeli katsayı tahminlerine bakıldığında sanayi üretiminde yapısal kırılmalar 2014'ün ortalarına kadar sürmektedir. Covid-19 sonrası petrol fiyatlarının sanayi üretim endeksi üzerindeki esnekliği değişmesine rağmen LnEGME için bu değişim petrol fiyatlarına göre çok yüksek değildir. Kısa dönem özyinelemeli katsayı tahminleri incelendiğinde Covid-19 sonrası değişim daha belirgindir.

$$\widehat{LnSÜE}_t = \frac{-0.107}{[-34.874]} + \frac{0.001}{[40.323]}t + \frac{0.032}{[7.170]}LnPF_t$$

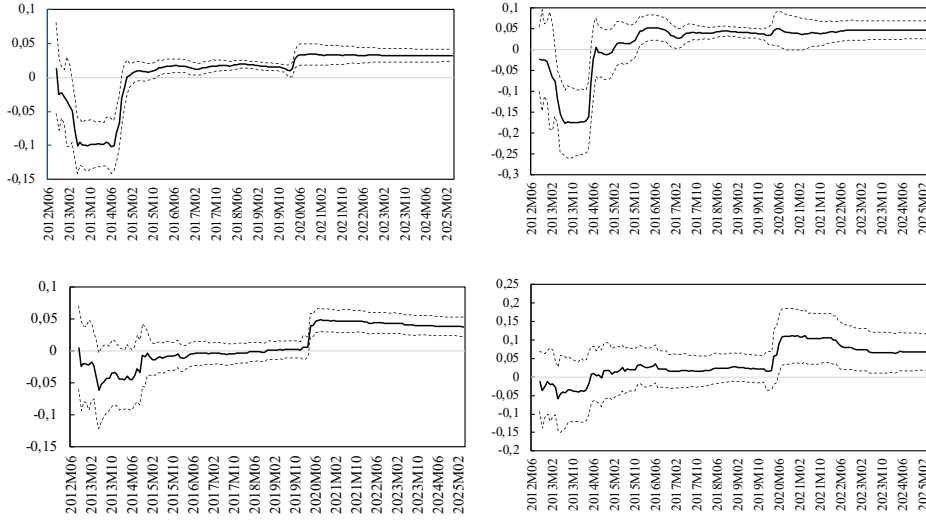
$$\widehat{LnSÜE}_t = \frac{-0.0.96}{[-24.118]} + \frac{0.001}{[26.569]}t + \frac{0.047}{[7.170]}LnEGME_t /$$

$$\Delta \widehat{LnSÜE}_t = \frac{0.001}{[1.829]} + \frac{0.037}{[5.156]}\Delta LnPF_t$$

$$\Delta \widehat{LnSÜE}_t = \frac{0.001}{[1.596]} + \frac{0.065}{[2.662]}\Delta LnEGME_t$$

Şekil 3

Uzun ve kısa dönem özyinelemeli katsayı tahmin sonuçları



Son olarak değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönem dinamiklerini beraber veren hata düzeltme modeli tahmin sonuçları aşağıda yer almaktadır. Bu sonuçlara göre hata düzeltme terimi (HDT) her iki modelde de istatistiksel olarak anlamlı; negatif ve 0 ile 1 arasında olacak şekilde tahmin edilmiştir. Petrol fiyatları ile sanayi üretim endeksi arasında uzun dönem bir sapma olduğunda her dönem eski dengesine %13.1 yakınsamaktadır. Bir başka deyişle 7.6 ay sonra eski uzun dönem dengesine yakınsamış olacaktırlar. Enerji metal geçiş endeksi ile sanayi üretim endeksi arasındaki uzun dönem ilişkisinde bir sapma olduğunda eski uzun dönem dengesine her dönem %12.3 yakınsayacaktır. Bu durumda 8.1 ay sonrasında eski uzun dönem dengesine yakınsamış olacaklardır. Yakınsama hızları görece olarak birbirinden farklı olmasına rağmen aralarında çok büyük farklar yoktur. Bu sonuç dünya sanayi üretiminde hem petrolün hem de değerli metallerin etkisinin olduğunu göstermektedir.

$$\widehat{\Delta \text{LnSÜE}}_t = 0.001_{[1.868]} - 0.131_{[-3.225]} \text{HDT}_{t-1} + 0.036_{[0.036]} \Delta \text{LnPF}_t$$

$$\widehat{\Delta \text{LnSÜE}}_t = 0.001_{[1.633]} - 0.123_{[-3.075]} \text{HDT}_{t-1} + 0.055_{[2.319]} \Delta \text{LnEGME}_t$$

Sonuç

Bu çalışmada ekonomik büyüme ile geleneksel enerji kaynağı olan petrol fiyatları ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin temel girdileri arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkileri incelenmiştir. Ekonomik büyümenin bir göstergesi olan dünya sanayi üretim endeksi (SÜE) ile geleneksel enerji kaynağı olan petrol fiyatları (PF) ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin temel girdilerini temsil eden Enerji Geçiş Metal Endeksi (EGME) ampirik analizlere dahil olmuştur. Bulgular, sanayi üretiminin enerji kaynaklarıyla olan bağının evrimleştiğini ve çevresel hassasiyetlerin üretim politikalarına doğrudan yansıdığını uzun ve kısa vadede daha güçlü etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, ekonomilerin alternatif enerji metallerine duyarlılaştığını ortaya koymaktadır.

Eştümleşme sonuçları, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını ve uzun dönem dengesinde meydana gelen sapmaların petrol için %13.1 ve EGME için %12.3 olmak üzere nispeten hızlı bir şekilde dengelendiğini göstermektedir. Uzun dönem dengesindeki sapmalar petrol fiyatları ile sanayi üretimi arasında yaklaşık 7,6 ayda dengelenirken enerji geçiş metalleri ile 8,1 ay olarak elde edilmiştir. Ancak yenilenebilir enerjiye geçiş süreci hızlanmasına ve 2010 yılından sonra toplam enerji tüketimi içindeki payını artırmış olsa da fosil yakıtlara olan ihtiyacın henüz tamamen ortadan kalkmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Dünya sanayi üretiminde hem petrolün hem de değerli metallerin etkisi bir arada devam etmektedir.

Analize dahil olan değişkenlerin küresel şoklardan etkilendiği öne çıkmaktadır. Covid-19 pandemisinin etkisiyle tüm değişkenlerin (SÜE, PF ve EGME) keskin bir düşüş yaşadığı; ortak bir kırılma noktası olduğu ve pandemi sonrası dönemde özellikle enerji geçiş metallerinin sanayi üretimi üzerindeki esnekliğinin, petrol fiyatlarına kıyasla daha dirençli bir yapı sergilediği belirlenmiştir.

Sonuç olarak küresel ekonomi, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda temiz enerjiye yönelirken sanayinin temel girdileri de değişmektedir. Sanayi devriminden bu yana devam eden fosil yakıt bağımlılığı, iklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yerini kademeli olarak temiz enerji kaynaklarına bırakmasına rağmen bu geçiş süreci çok kısa bir dönemde olmayacaktır. Bir başka deyişle fosil yakıtlara olan bağımlılık halen daha göz ardı edilemeyecek boyuttadır. Politika yapımcıların ekonomik büyümeyi sürdürülebilir kılmak adına, fosil yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalar kadar, enerji dönüşümünde kritik rol oynayan metal piyasalarındaki arz ve fiyat istikrarını da dikkate almaları gerekmektedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarını hızlandırmak için değerli metallere erişimi güvence altına alan stratejiler geliştirilip fosil yakıtlardan uzaklaşarak iklim hedeflerini destekleyen ekonomik büyüme modelleri geliştirilmelidir. Gelecek çalışmalar, sektörel kırılımları ve jeopolitik riskleri de dahil ederek analizleri genişletebilir.

Finansman Beyanı	Bu araştırma; kamu, ticari veya kâr amacı gütmeyen sektörler kuruluşlarından herhangi bir hibe almamıştır.
Çıkar Çatışması Beyanı	Yazar; bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanmasıyla ilgili olarak herhangi bir muhtemel çıkar çatışması bulunmadığını beyan eder.
Yazar Katkıları	Bu makale tek yazarlıdır. Kavramlaştırma, metodoloji, araştırma, yazım ve düzenleme süreçlerinin tamamı yazar tarafından gerçekleştirilmiştir.
Etik Kurul Onayı	Bu çalışma, birincil veri toplama (anket, görüşme, deney vb.) içermediğinden etik kurul onayı gerektirmemektedir.
Yapay Zekâ Kullanım Beyanı	Bu makalenin hazırlanmasında yapay zekâ destekli araçlar kullanılmamıştır.
Funding Statement	This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.
Declaration of Interests	The author declares that there is no conflict of interest regarding the research, authorship, and/or publication of this article.
Author Contributions	This is a single-authored article. Conceptualization, methodology, investigation, writing, and editing were all carried out by the author.
Ethics Approval	This study did not involve primary data collection (surveys, interviews, experiments, etc.) and therefore did not require ethics committee approval.
Artificial Intelligence Usage Statement	No artificial intelligence-assisted tools were used in the preparation of this article.

Kaynakça / References

- Abeyasinghe, T. (2001). Estimation of direct and indirect impact of oil price on growth. *Economics Letters*, 73(2), 147-153. [https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(01\)00476-1](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(01)00476-1)
- Adhikari, D., & Chen, Y. (2012). Energy consumption and economic growth: A panel cointegration analysis for developing countries. *Review of Economics & Finance*, 3(2), 68-80.
- Ağırkaya, M. B. (2022). Türkiye ekonomik büyümesinde yenilenebilir enerji: Mevcut durum, gelecek beklentileri, istihdam ve yatırım fırsatları. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 12(3), 2327-2350. <https://doi.org/10.48146/odusobiad.1103005>
- Agyapong, J., Ayamga, E. A., & Yalley, L. (2025). The macroeconomic impact of energy transition metal prices: Nonlinear evidence from IEA economies. *Available at SSRN 5985774*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5985774>
- Akdi, Y. (2012). *Zaman serileri analizi (birim kökler ve kointegrasyon)*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Akinsola, M. O., & Odhiambo, N. M. (2021). The dynamic causal relationship between oil price and economic growth in oil-importing SSA countries: A multivariate model. *Facta Universitatis, Series: Economics and Organization*, 18(3) 217-228. <https://doi.org/10.22190/fueo210628015a>
- Americo, A., Johal, J., & Upper, C. (2024). The energy transition and its macroeconomic effects. *The Economists' Voice*, 21(2), 249-274. <https://doi.org/10.1515/ev-2023-0062>
- Aqeel, A., & Butt, M. S. (2001). The relationship between energy consumption and economic growth in Pakistan. *Asia-Pacific Development Journal*, 8(2), 101-110.
- Bamaiyi, G. (2024). Effect of oil price shocks on selected macroeconomic variables in Nigeria (1990-2021), *International Journal of Development and Economic Sustainability*, 12(1), 12-26. <https://doi.org/10.37745/ijdes.13/vol12n11225>
- Banerjee, R., Majumdar, S., & Mohammed, Z. (2023). Oil price changes and stock market performance in UAE: Evidence of cointegration persists in economic diversification era. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(1), 552-561. <https://doi.org/10.32479/ijeep.13862>
- Baumeister, C. & J.D. Hamilton (2019), Structural interpretation of vector autoregressions with incomplete identification: Revisiting the role of oil supply and demand shocks, *American Economic Review*, 109(5), 1873-1910. <https://doi.org/10.1257/aer.20151569>
- Bayar, Y. (2014). Türkiye'de birincil enerji kullanımı ve ekonomik büyüme. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28(2), 253-269.

- Berument, M. H., Ceylan, N. B., & Dogan, N. (2010). The impact of oil price shocks on the economic growth of selected MENA1 countries. *The Energy Journal*, 31(1), 149–176. <https://doi.org/10.5547/issn0195-6574-ej-vol31-no1-7>
- Boer, L., Pescatori, A., & Stuermer, M. (2024). Energy transition metals: Bottleneck for net-zero emissions?. *Journal of the European Economic Association*, 22(1), 200–229. <https://doi.org/10.1093/jeea/jvad039>
- Burbidge, J., & Harrison, A. (1984). Testing for the effects of oil-price rises using vector autoregressions. *International Economic Review*, 25(2) 459–484. <https://doi.org/10.2307/2526209>
- Cunado, J., & De Gracia, F. P. (2003). Do oil price shocks matter? Evidence for some European countries. *Energy Economics*, 25(2), 137–154. [https://doi.org/10.1016/s0140-6701\(03\)91780-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6701(03)91780-2)
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association* 74(366a) 427–431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
- Du, L., Yanan, H., & Wei, C. (2010). The relationship between oil price shocks and China's macro-economy: An empirical analysis. *Energy Policy*, 38(8), 4142–4151. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.042>
- Elder, J., & Serletis, A. (2010). Oil price uncertainty. *Journal of Money, Credit and Banking*, 42(6), 1137–1159. <https://doi.org/10.1142/8407>
- Elekdog, S., Lalonde, R., Laxton, D., Muir, D., & Pesenti, P. (2008). Oil price movements and the global economy: A model-based assessment. *IMF Econ Rev* 55, 297–311. <https://doi.org/10.3386/w13792>
- Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Economic Society*, 55(2), 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Granger, C. W. J. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal of Econometrics*, 16(1), 121–130. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(81\)90079-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90079-8)
- 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>
- Guntur, A. R., & Shripad, R. M., (2020), Relationship between crude oil prices and macro-economic variables: Evidence from BRICS countries, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(5), 264–271. <https://doi.org/10.32479/ijee.9755>
- Guo, H., & Kliesen, K. L. (2005). Oil price volatility and US macroeconomic activity. *Review-Federal Reserve Bank of Saint Louis*, 87(6), 669. <https://doi.org/10.20955/r.87.669-84>
- Hamilton, J. D. (1983). Oil and the macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*, 91(2), 228–248. <https://doi.org/10.1086/261140>
- Hamilton, J. D. (2001). A parametric approach to flexible nonlinear inference. *Econometrica*, 69(3), 537–573. <https://doi.org/10.1111/1468-0262.00205>
- Hamilton, J. D. (2003). What is an oil shock?. *Journal of Econometrics*, 113(2), 363–398. <https://doi.org/10.3386/w7755>
- Hooker, M. A. (1996). What happened to the oil price-macroeconomy relationship?. *Journal of monetary Economics*, 38(2), 195–213. [https://doi.org/10.1016/s0304-3932\(96\)01281-0](https://doi.org/10.1016/s0304-3932(96)01281-0)
- Hwang, J. H., & Yoo, S. H. (2014). Energy consumption, CO₂ emissions, and economic growth: Evidence from Indonesia. *Quality & Quantity*, 48, 63–73. <https://doi.org/10.1007/s11135-012-9749-5>
- Jiménez-Rodríguez, R., & Sánchez, M. (2005). Oil price shocks and real GDP growth: Empirical evidence for some OECD countries. *Applied Economics*, 37(2), 201–228. <https://doi.org/10.2139/ssrn.533107>
- Kasperowicz, R., Bilan, Y., & Štreimikienė, D. (2020). The renewable energy and economic growth nexus in European countries. *Sustainable Development*, 28(5), 1086–1093. <https://doi.org/10.1002/sd.2060>
- Kilian, L., & Hicks, B. (2013). Did unexpectedly strong economic growth cause the oil price shock of 2003–2008?. *Journal of Forecasting*, 32(5), 385–394. <https://doi.org/10.1002/for.2243>
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3(2), 401–403.

- Manera, M., & Cologni, A. (2009). The asymmetric effects of oil shocks on output growth: A Markov-Switching analysis for the G-7 countries. *Economic Modelling*, 26(1), 1–29. <https://doi.org/10.2139/ssrn.885506>
- Mork, K. A. (1989). Oil and the macroeconomy when prices go up and down: An extension of Hamilton's results. *Journal of Political Economy*, 97(3), 740–744. <https://doi.org/10.1086/261625>
- Ntanos, S., Skordoulis, M., Kyriakopoulos, G., Arabatzis, G., Chalikias, M., Galatsidas, S., Batzios, A., & Katsarou, A. (2018). Renewable energy and economic growth: Evidence from European countries. *Sustainability*, 10(8), 2626. <https://doi.org/10.3390/su10082626>
- Pao, H. T., & Fu, H. C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 381–392. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.004>
- Pehlivan, Ö. S. (2023). *Yenilenebilir enerji tüketimi, finansal gelişme ve ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye ekonomisi için asimetrik bir analiz*. Gaziantep: Özgün Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub327>
- Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika* 75(2), 335–346. <https://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335>
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*, 37(10), 4021–4028. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003>
- Stem, D. I. (1993). Energy use and economic growth in the USA: A multivariate approach. *Energy Economics*, 15(2), 137–150. [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(93\)90033-N](https://doi.org/10.1016/0140-9883(93)90033-N)
- Wang, Q., Dong, Z., Li, R., & Wang, L. (2022). Renewable energy and economic growth: New insight from country risks. *Energy*, 238, 122018. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122018>