

Enerji ile Hisse Senedi Piyasaları Arasındaki Nedensel İlişkilerin Fourier Modeliyle İncelenmesi

Investigating the Causal Relationship Between Energy and Stock Markets with the Fourier Model

Aslan AYDOĞDU^a Nazlıgül GÜLCAN^b

^a Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Sivas, Türkiye, aaydogdu@sivas.edu.tr Sorumlu Yazar

^b Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, nazligulgulcan@mehmetakif.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
Anahtar Kelimeler: Temiz Enerji Teknoloji Hisse Senedi Petrol Fourier Nedensellik	Amaç – Enerji, teknoloji ve hisse senedi piyasaları arasındaki ilişki, yatırımcılar ve politika yapıcılar için ekonomik aktivite, yatırım stratejileri, sürdürülebilirlik ve enerji güvenliği gibi birçok açıdan araştırılmaya değerdir. Bu çalışmada da temiz enerji, teknoloji, hisse senedi ve petrol piyasası arasındaki nedensellik ilişkisi araştırılmıştır. Yöntem – WilderHill Temiz Enerji Endeksi, ARCA Teknoloji 100 Endeksi, S&P 500 Endeksi ve WTI ham petrolün 02.01.2004-19.07.2024 dönemi getiri serileri kullanıldığı çalışmada, Toda-Yamamoto (1995) ve Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bulgular – Hem geleneksel hem de rejim değişikliklerini dikkate alan testlerin bir arada uygulandığı çalışmada, Toda-Yamamoto (1995) ve Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik testi sonuçlarına göre WilderHill Temiz Enerji Endeksi ile ARCA Teknoloji 100 ve S&P 500 Endeksi, S&P 500 Endeksi ile WTI ham petrol fiyatları arasında çift yönlü; ARCA Teknoloji 100 Endeksi'nden WTI ham petrol fiyatlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Tartışma – Yatırımcıların portföylerini çeşitlendirirken bu ilişkileri göz önünde bulundurarak strateji geliştirmeleri, risk yönetiminde daha başarılı olmalarını ve getiri potansiyellerini artırmalarını mümkün hale getirebilir. Bununla birlikte, bu tür bulgular politika yapıcılar açısından da önemlidir, zira enerji stratejilerinin belirlenmesi ve ülkenin ekonomik ve finansal istikrarının sağlanması noktasında önemli kararların alınmasına katkı sunabilir.
Gönderilme Tarihi 24 Ekim 2024 Revizyon Tarihi 15 Aralık 2024 Kabul Tarihi 20 Aralık 2024	
Makale Kategorisi: Araştırma Makalesi	
ARTICLE INFO	ABSTRACT
Keywords: Clean Energy Technology Stock Oil Fourier Causality	Purpose – The relationship between energy, technology and stock markets is worth investigating for investors and policy makers in many aspects such as economic activity, investment strategies, sustainability and energy security. In this study, the causality relationship between clean energy, technology, stock and oil markets is investigated. Design/Methodology/Approach – WilderHill Clean Energy Index, ARCA Technology 100 Index, S&P 500 Index and WTI crude oil return series for the period 02.01.2004-19.07.2024 were used in the study, Toda-Yamamoto (1995) and Fourier Toda-Yamamoto (2016) causality analysis methods were used. Findings – According to the results of Toda-Yamamoto (1995) and Fourier Toda-Yamamoto (2016) causality tests, a bidirectional causality relationship between WilderHill Clean Energy Index and ARCA Technology 100 and S&P 500 Index, S&P 500 Index and WTI crude oil prices, and a unidirectional causality relationship from ARCA Technology 100 Index to WTI crude oil prices were found. Discussion – Developing strategies by taking these relationships into account when diversifying their portfolios may enable investors to be more successful in risk management and increase their return potential. In addition, such findings are also important for policy makers, as they may contribute to important decisions in determining energy strategies and ensuring the economic and financial stability of the country.
Received 24 October 2024 Revised 15 December 2024 Accepted 20 December 2024	
Article Classification: Research Article	

*Bu çalışmanın önceki hali 9-12 Ekim 2024 tarihlerinde düzenlenen 27. Finans Sempozyumu'nda "Enerji ile Hisse Senedi Piyasaları Arasındaki Nedensel İlişkilerin Fourier Modeliyle Araştırılması: Petrol, Temiz Enerji ve Teknoloji Sektörlerinden Kanıtlar" başlıklı genişletilmiş özet bildiri olarak sunulmuştur.

Önerilen Atıf/Suggested Citation

Aydoğdu, A., Gülcan, N. (2024). Enerji ile Hisse Senedi Piyasaları Arasındaki Nedensel İlişkilerin Fourier Modeliyle İncelenmesi, İşletme Araştırmaları Dergisi, 16 (4), 2692-2706.

1. Giriş

Petrol, ülkelerin enerji gereksinimleri açısından kritik bir kaynak olmasının yanı sıra, ekonomik büyüme üzerinde de stratejik bir öneme sahiptir. Sanayi, tarım, hizmet ve ulaşım gibi birçok sektörde kullanılan petrol, bu alanların vazgeçilmez bir girdisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma, petrol kullanımına bağımlıdır; dolayısıyla ekonomilerde sıkça rastlanan petrol talebi artışı ve arz yetersizliği, petrol fiyatlarında ani dalgalanmalara yol açmaktadır. Bu durum, sektörlerdeki üretim maliyetlerini artırarak mal ve hizmet fiyatlarına yansımaktadır (Brown ve Yucel, 1999). Ayrıca hane halkı gelir seviyelerindeki azalmalar yol açarak ekonomik faaliyetin bozulmasına da neden olmaktadır (Edelstein ve Kilian, 2009). Petrol fiyatlarındaki bu artışlar, ülkelerin rekabet gücünü zayıflatırken, ithalata bağımlı ülkelerde enerji maliyetlerini artırarak enflasyonu tetikler ve bu da bütçe açıkları ile dış ticaret dengesizliklerine neden olmaktadır. Enerji ve üretim maliyetlerindeki artışlar, işletmelerin kârlarını azaltır ve böylece mevcut ve gelecekteki nakit akışlarını olumsuz yönde etkiler (Jones ve Kaul, 1996). Ayrıca, petrol fiyatlarındaki artışlar küresel piyasalarda enflasyonist baskılar oluşturmaktadır (Darby, 1982). Artan enflasyonist baskı, nakit akışlarının iskonto oranı üzerinde önemli bir etkiye sahip olup hem ekonomik faaliyetler hem de hisse senedi fiyatları üzerinde olumsuz etkiler yarattığı bilinmektedir (Hamilton, 2003; Kilian, 2009). Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki durgunlukların çoğu büyük petrol şoklarından önce gerçekleşmiştir.

Petrol fiyatlarındaki değişimlerin reel ekonomi üzerindeki etkilerini ve bu etkilerin iletim mekanizmalarını inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Hamilton (1983), Hamilton (2003), Hamilton (2009), Kilian (2008) ve Kilian (2009) çalışmalarında, genellikle petrol ve hisse senedi fiyatları arasında olumsuz ilişkiler olduğunu güçlü bir şekilde göstermektedir. Huang ve Masulis (1996), Jones ve Gautam (1996), Jones ve Kaul (1996), Sadorsky (1999; 2001), Henriques ve Sadorsky (2008), Park ve Ratti (2008) ile Kilian ve Park (2009) da bu konuda benzer sonuçlara ulaşmıştır. Bu çalışmalar, yükselen petrol fiyatlarının hisse senedi fiyatları üzerinde olumsuz bir etki yarattığını öne sürse de yüksek petrol fiyatlarından fayda sağlayan birkaç endüstri bulunmaktadır. Bu endüstrilerden biri de temiz ya da alternatif enerji endüstrisidir. Petrol fiyatları arttıkça, insanlar kusurlu ikameler aracılığıyla alternatif enerji kaynakları aramaya yönelmekte ve bu da alternatif enerji hisselerinin fiyatlarında bir artışa neden olabilir. Bu nedenle, temiz enerji ve teknoloji hisse senedi fiyatları ile petrol fiyatları arasındaki bağlantıyı incelemek önemlidir.

Petrol fiyatlarındaki artışın yol açtığı makroekonomik ve finansal risklere ek olarak, petrol rezervlerinin bulunduğu bölgelerdeki jeopolitik belirsizlikler ve politik güvensizlik ile fosil yakıtlar gibi petrolün neden olduğu iklim değişikliği, küresel piyasalar ve doğal çevre için bir tehdit oluşturmaktadır. Bu makroekonomik, finansal ve politik risklerin yanı sıra küresel ısınma konusundaki artan endişeler, özellikle son on yılda alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Gelişmekte olan piyasaların (örneğin, Çin, Hindistan, Türkiye ve Brezilya) hızlanan ekonomik büyümesiyle enerji talebi son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Şu anda küresel enerji ihtiyaçlarının büyük çoğunluğu hala fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil kaynaklar tükenebilir olduğundan, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar dikkat çekici bir şekilde artmıştır. Yenilenebilir enerji yatırımları, 2004'ten bu yana ivme kazanmıştır (New Energy Finance, 2010; Eyraud vd., 2011). Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın 2016 Orta Vadeli Yenilenebilir Enerji Piyasası Raporu'na göre yenilenebilir enerji kaynaklarının 2015 ve 2021 yılları arasında, 2014-2020 yılları arasına göre %13 daha fazla büyümesi öngörülmektedir ve bu durum, Çin, Meksika, Hindistan ve ABD'deki güçlü politikalarla desteklenmektedir. Ancak, tüm yenilenebilir enerji kaynakları temiz enerji kaynakları olarak kabul edilmemektedir. Temiz enerji, düşük karbonlu bir geleceğe katkıda bulunan ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunmayan enerji kaynaklarını içermektedir. Tüketicilerin yeşil enerjiye ödeme yapma istekliliğinin pozitif olduğunu gösteren bir literatür bulunmaktadır (Sundt ve Rehdanz, 2015).

Petrol ve hisse senedi piyasaları arasındaki bağlantılara ilişkin literatür de sorumlu bir yatırım olarak daha fazla temiz enerji kaynaklarına odaklanmaktadır (Managi ve Okimoto, 2013). Bu çerçevede petrolün hem ekonomik hem de çevresel olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla politika yapıcılar, temiz enerji sektörünü teşvik edici stratejiler oluşturmaları gerekmektedir. Temiz enerji sektörüne yatırımlarda bulunulması durumunda, ekonomilerde yerel enerji üretimi sağlanarak enerji ithalatı bağımlılığı azaltılacak, enerji güvenliği artırılacak ve ani fiyat dalgalanmaları önlenecektir. Yerel bir kaynak olmasından dolayı düşük enerji maliyeti sağlanacaktır. Yeni iş alanları oluşturulduğundan işsizlik oranlarını düşürücü bir etki yaratacak, bu yatırımlar arttıkça daha fazla yatırımcı bu sektöre ve ülkelere yönelecek, aynı zamanda bu yatırımlarda enerji

verimliliğinin artırılması için inovatif teknolojilere yönelik araştırma-geliştirme faaliyetlerinin artacağı düşünülmektedir.

Kaminker ve Stewart (2012), Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)'nün sera gazı emisyonlarını azaltma hedeflerine ulaşabilmesi için kurumsal yatırımcıların temiz enerji yatırımlarına daha fazla katılım göstermeleri gerektiğini savunmaktadır. Bu hedeflere ulaşmada sermaye piyasalarının kritik bir rol oynadığını ve sektörün finansman ihtiyaçlarının bu piyasalar aracılığıyla karşılanması gerektiğini öne sürmektedir. Ancak yatırımcıların, bu sektördeki hisse senetlerinin dinamikleri hakkında daha derinlemesine bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Bu bilgi, portföy tahsis kararlarının daha sağlıklı bir şekilde alınabilmesi ve korunma stratejilerinin daha etkili bir biçimde belirlenebilmesi için önem arz etmektedir. Temiz enerji hisse senetleri üzerine yapılan araştırmalar son dönemde artış göstermesine rağmen, bu alanda hâlâ önemli bir bilgi boşluğu bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, temiz enerji, teknoloji, hisse senedi ve petrol piyasaları arasındaki nedensellik bağlantısını inceleyerek bu boşluğu doldurmaya katkıda bulunmaktır. Petrol, genel anlamda makroekonomik değişkenler ve finansal varlık fiyatları üzerinde, özelde ise alternatif enerji yatırımlarının fırsat maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahip olan kritik bir enerji emtiasıdır. Bu doğrultuda, petrol fiyatlarının belirleyici olduğu düşünüldüğünde, petrol fiyatları ile temiz enerji, teknoloji ve hisse senedi fiyatları arasındaki nedensellik ilişkisi analiz edilmektedir.

Sürdürülebilirlik kaygıları, yenilenebilir enerji kaynaklarını cazip hale getirmekte olup, bu tür yatırımların büyük ölçekli başlangıç sermayesi gerektirdiği ve bu sermayenin dikkatlice finanse edilmesi gerektiği gerçeği göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle alternatif enerji yatırımlarının iş döngülerine karşı oldukça hassas olduğu söylenebilir. Ayrıca, başarılı temiz enerji projeleri için yüksek teknolojik gelişmişlik seviyesinin gerekliliği de literatürde sıkça vurgulanmaktadır (Kumar vd., 2012). Bunun yanı sıra, yatırımcıların temiz enerji ve teknoloji şirketlerine yönelik algılarının benzer olabileceği öne sürülmektedir (Henriques ve Sadorsky, 2008; Kumar vd., 2012; Managi ve Okimoto, 2013). Bu argümanlar çerçevesinde petrol fiyatlarındaki değişikliklerin, temiz enerji, teknoloji hisse senedi fiyatlarındaki değişimleri daha iyi yakalamak için ayrıntılı olarak ele alınması önem arz etmektedir.

Çalışmada temiz enerji, teknoloji, hisse senedi ve petrol piyasaları arasındaki ilişki incelenmiştir. Temiz enerji piyasası için WilderHill Temiz Enerji Endeksi (ECO), teknoloji piyasası için ARCA Teknoloji 100 (PSE), hisse senedi piyasası için Standart&Poor's 500 Endeksi (S&P 500) ve petrol piyasası için West Texas Intermediate (WTI) ham petrol fiyat verileri analiz edilmiştir. WilderHill Temiz Enerji Endeksi'nin Ocak 2004'ten itibaren yayımlanmasından dolayı, veri seti 02.01.2004-19.07.2024 dönemine ait günlük kapanış verilerinden oluşturulmuştur. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespit edilmesi amacıyla geleneksel nedensellik testlerinden Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testi ve rejim değişikliklerini modele dahil ederek tahminleme yapılmasına olanak tanıyan Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik testi kullanılmıştır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Temiz enerji, teknoloji, hisse senedi ve petrol piyasasının genel olarak açıklandığı bu ilk bölümün ardından, ikinci bölümde araştırılan konuya ilişkin literatürdeki araştırmaların özet bilgilerine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde analizde uygulanan method, kullanılan veri seti ve bulgular açıklanmış, son olarak çıkan sonuçların genel bir değerlendirmesi yapılmıştır.

2. Literatür Taraması

Petrol fiyatları ile temiz enerji ve teknoloji hisse senedi fiyatları arasındaki dinamik ilişkiyi inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmakla birlikte, mevcut literatür bu ilişkiye dair önemli bulgular sunmaktadır. Henriques ve Sadorsky (2008), büyük ABD borsalarında işlem gören alternatif enerji şirketlerinin hisse senedi fiyatları ile ham petrol fiyatları arasında Granger nedenselliği olduğuna dair kanıtlar sunmuştur. Ayrıca, teknoloji hisse senedi fiyatlarındaki bir şokun temiz enerji hisse senedi fiyatları üzerindeki etkisinin, petrol fiyatlarındaki bir şoktan daha güçlü ve pozitif olduğunu belirtmişlerdir. Henriques ve Sadorsky (2008) ile benzer bir yöntemi kullanan Kumar vd. (2012), temiz enerji hisse senedi fiyatlarındaki dalgalanmaların, geçmişteki teknoloji hisse senedi fiyatları, faiz oranları ve petrol fiyatlarındaki hareketlerle açıklandığını, ancak karbon fiyatları ile temiz enerji hisse senedi fiyatları arasında anlamlı bir ilişki bulamadıklarını belirtmişlerdir. Sadorsky (2012), çok değişkenli GARCH modellerini kullanarak, temiz enerji hisse senedi fiyatlarının teknoloji hisse senedi fiyatları ile petrol fiyatlarından daha yüksek dinamik korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Managi ve Okimoto (2013), Markov-switching VAR modellerini kullanarak, 2007 yılının sonlarındaki yapısal kırılmanın ardından petrol fiyatlarının temiz enerji hisse senedi fiyatları üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğunu ifade

etmişlerdir. Farklı ekonometrik yaklaşımlar kullanılarak, yukarıda bahsedilen çalışmaların tümü petrol ve alternatif enerji hisse senedi fiyatları arasında önemli bir ilişki olduğuna dair kanıtlar sağlamaktadır. Literatürdeki çalışmalar, ham petrol fiyatı ile alternatif enerji kaynaklarının fiyatları arasında genellikle pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle ham petrol fiyatlarında yaşanan artışlar, alternatif enerji kaynaklarına olan talebi artırmakta ve bu durum alternatif enerji endekslerinde kayda değer yükselişlere yol açmaktadır. Ayrıca, teknoloji hisseleri, ham petrol fiyatları ve alternatif enerji şirketlerinin hisse senetleri arasında güçlü bir nedensel ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, enerji piyasalarının finansal piyasalardaki değişimlerden nasıl etkilendiğini ve teknoloji ile temiz enerji sektörlerinin birbirine ne kadar ilişkili olduğunu vurgulamaktadır. Aşağıdaki Tablo 1'de bu literatürün özetine yer verilmiştir.

Tablo 1. Literatür Taraması

Yazarlar	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Sonuç
Karanfil (2009)	1999-2007	Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme	Johansen Eşbütünleşme Analizi, Hata Düzeltilme (ECM) Modeli	Araştırma, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki uzun vadeli ilişki ve nedenselliğin mevcut literatürde çelişkili ve tutarsız sonuçlar verdiğini vurgulanmıştır. Farklı yöntemlerin ve zaman dönemlerinin kullanılması, elde edilen sonuçların büyük ölçüde değişkenlik göstermesine yol açtığı belirtilmiştir.
Sadorsky (2010)	1990-2006	22 Ülkeye ait Enerji Tüketimi Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) Enflasyon Oranı Banka Depozito Hisse Senedi Piyasası Değeri Hisse Senedi Piyasası Kapitalizasyonu	Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM)	Finansal gelişim, hisse senedi piyasası değişkenleri (hisse senedi piyasa kapitalizasyonunun GSYİH'ye oranı, işlem gören hisse senedi değerinin GSYİH'ye oranı ve hisse senedi piyasası devir hızı) kullanılarak ölçüldüğünde, enerji tüketimi ile pozitif ve anlamlı bir ilişki gösterdiği gözlenmiştir.
Sadorsky (2011)	1996-2006	9 Ülkeye Ait Enerji Tüketimi Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) WTI Finansal Gelişim Değişkenleri (Banka ve Hisse Senedi vb.)	Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM)	Finansal gelişmenin, banka varlıklarının GSYİH'ye oranı, finansal sistem mevduatlarının GSYİH'ye oranı veya likit yükümlülüklerin GSYİH'ye oranı gibi banka değişkenleri kullanılarak ölçüldüğünde, enerji tüketimiyle pozitif ve anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. İncelenen üç hisse senedi piyasası değişkeninden yalnızca biri olan hisse senedi piyasası cirosunun, enerji tüketimi üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu belirtilmiştir.
Reboredo (2015)	30.12.2005 12.12.2013	Wilder Hill Temiz Enerji Endeksi(ECO) S&P Global Temiz Enerji Endeksi(SPGCE)	Copula Model Analizleri	Analizler neticesinde, petrol getirileri ile küresel ve sektörel yenilenebilir enerji endeksleri arasında zamanla değişen kayda değer bir ortalama ve simetrik kuyruk bağımlılığı bulunduğu sonucuna varılmıştır.

		Avrupa Yenilenebilir Enerji Endeksi (ERIX)		
		Küresel Rüzgâr Enerji Endeksi (WIND)		
		Küresel Güneş Enerjisi Endeksi (SOLAR)		
		Küresel Enerji Akıllı Teknolojiler Endeksi (TECH)		
		Brent Petrol		
Paramati vd., (2016)	1991-2012	22 Gelişmekte olan Ülkelere ait Gayri safi yurtiçi hasıla Karbondioksit emisyonları Temiz enerji tüketimi Enerji tüketimi Doğrudan yabancı yatırım Hisse Senedi Piyasası Gelişmeleri	Panel Eşbütünleşme Analizi, Panel ARDL Testi ve Dumitrescu ve Hurlin (2012) Nedensellik Analizleri	Analiz sonuçlarına göre, ekonomik çıktı, doğrudan yabancı yatırım ve hisse senedi piyasasının temiz enerji tüketimi üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir.
Ahmad (2017)	Mayıs 2005 Nisan 2015	Wilder Hill Temiz Enerji (ECO) Endeksi NYSE Arca Teknoloji (PSE) Endeksi WTI	BEKK-GARCH CCC-GARCH DCC-GARCH	Analiz sonuçları, teknoloji hisselerinin fiyatlarının, temiz enerji şirketleri ve petrol piyasasındaki volatilité yayımlarıyla ilişkili önemli bir gösterge olduğunu ortaya koymuştur.
Kocaarslan ve Soytaş (2019)	05.01.2004 18.01.2018	Wilder Hill Temiz Enerji (ECO) Endeksi Arca Teknoloji 100 (PSE) Endeksi WTI	NARDL Testi	Petrol fiyatlarının temiz enerji hisse senedi fiyatları üzerinde asimetrik bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Kısa vadede petrol fiyatlarındaki artışlar temiz enerji hisse senedi fiyatlarını yükseltirken, uzun vadede bu etkinin olumsuz yönde değiştiği tespit edilmiştir.
Razmi vd., (2020)	1990-2014	Yenilenebilir Enerji Tüketimi Hisse Senedi Piyasa Değeri Ekonomik Büyüme	ARDL Testi	Borsa üzerindeki uzun vadeli değér değişikliklerinin yenilenebilir enerji grupları üzerinde etkili olduğu, büyüme oranının ise hidroelektrik, rüzgâr, güneş ve nükleer enerji kaynaklarını hem kısa hem de uzun vadede önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları ve atık enerji türleri için bu etkinin yalnızca kısa vadede anlamlı olduğu, ancak bu iki tür yenilenebilir enerji kaynağının tüketiminin büyümeyi herhangi bir vadede etkilemediği gözlemlenmiştir.

Nasreen vd., (2020)	29.11.2000 26.06.2017	ARCA Bilgisayar Teknoloji Endeksi (XCI) WilderHill Temiz Enerji Endeksi (ECO) Ham Petrol (WTI)	MGARCH Modelleri Wavelet Uyum Analizi Volatilite Yayılım Analizi)	Petrol fiyatları ile hem temiz enerji hisse senedi getirileri hem de teknoloji şirketlerinin hisse senedi getirileri arasındaki ilişki, zaman ve frekans ölçeklerinde zayıf bir korelasyon göstermektedir. Tüm serilerin döngüsel hareket ettiği gözlemlenmiş olup, teknoloji hisse senedi getirilerinin petrol fiyatları ve temiz enerji şirketlerinin hisse senedi getirilerini yönlendirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, volatilitenin tüm frekanslarda ve tüm dönem boyunca teknoloji şirketlerinden petrol ve temiz enerji piyasalarına doğru aktarıldığı ortaya konmuştur.
Batrancea vd., (2021)	2005Q1 2020Q3	Enerji Şirketlerine Ait Varlık Getirisi (ROA), Özkaynak Kârlılığı (ROE), Yatırım Getirisi (ROI), Giderler Üzerindeki Mali Baskı (FPE), Özkaynaklar Üzerindeki Mali Baskı (FPEQ), Brüt Marj Üzerindeki Mali Baskı (FPGM) ve Satışlar Üzerindeki Mali Baskı (FPS).	Panel Regresyon Analizi	Elde edilen bulgular, mali baskının enerji şirketlerinin finansal performansı üzerinde dikkate değer bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. FPE, FPEQ, FPGM ve FPS gibi mali baskı göstergeleri, çeşitli finansal performans ölçütleri üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler göstermiştir.
Gençyürek ve İkinci (2021)	2004-2019	Wilder Hill Temiz Enerji (ECO) Endeksi Arca Teknoloji 100 (PSE) Endeksi WTI	Hong (2001) Varyansta Nedensellik Analizi	Ortalama değerler incelendiğinde temiz enerji sektörü ile petrol piyasası arasında; varyans açısından ise petrol piyasasından temiz enerji sektörüne doğru bir nedensellik ilişkisinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca varyans kırılma tarihlerinin dikkate alınması sonrasında bu nedensellik ilişkilerinde herhangi bir değişiklik olmadı sonucuna varılmıştır.
Dawar vd. (2021)	31.03.2005 21.06.2019	S&P Küresel Temiz Enerji Endeksi (SPGCE) MAC Küresel Güneş Enerji Endeksi Wilder Hill Temiz Enerji (ECO) Endeksi	Kuantil Regresyon Analizi	Temiz enerji endekslerinin petrol piyasasına olan bağımlılığının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, petrol piyasasının temiz enerji sektörü üzerindeki etkisinin, özellikle gecikmeli bir şekilde, belirgin derecede güçlü olduğu sonucuna varılmıştır.

Çelik vd., (2022)	06.10.2011 22.01.2021	CBOE Enerji Sektörü ETF Volatilite Endeksi (VXXLE) CBOE Ham Petrol ETF Volatilite Endeksi (OVX) Temiz Enerji ETF'leri	Zamanla Değişen Parametrelili Vektör Otoregresyon Modeli (TVP- VAR) ADCC- GRACH Modeli	Kriz dönemlerinde finansal varlıklar arasındaki dinamik bağlantıların arttığı gözlemlenmiştir. ADCC GARCH analizi, temiz enerji ETF'leri ile ima edilen oynaklık ETF'leri arasındaki koşullu korelasyonun asimetrik olduğunu ve negatif bilgi şoklarının bu koşullu korelasyonu artırdığını gözlemlenmiştir.
Dias vd. (2023)	01.01.2018 09.03.2023	Temiz Enerji Yakıt Endeksi, S&P Küresel Temiz Enerji Endeksi, iShares Küresel Temiz Enerji ETF, iShares Küresel Temiz (SWX) ETF, Ham Petrol Altın Doğalgaz	DFA Analiz Yaklaşımı	Analiz sonuçlarına göre, petrol, altın, temiz enerji ve doğal gaz piyasalarının getirilerinin negatif otokorelasyon gösterdiği ve etkin piyasa hipotezinin reddedildiği sonucuna varılmıştır.
Özdemir Höl vd. (2023)	02.01.2015 11.02.2022	CBOE Ham Petrol Volatilite Endeksi (OVX), CBOE Enerji Sektörü ETF Volatilite Endeksi (VXXLE), iShares Küresel Temiz Enerji ETF (ICLN), First Trust NASDAQ Clean Edge Yeşil Enerji ETF(QCLN), Invesco WilderHill Temiz Enerji ETF (PBW)	Zamanla Değişen Parametrelili Vektör Otoregresyon Modeli (TVP- VAR)	PBW, temiz enerji ETF'lerinin ve VXXLE'nin yüksek volatiliteye sahip olduğu, buna karşılık ICLN ve QCLN gibi diğer temiz enerji ETF'lerinin ve OVX'in bu volatiliteden etkilendikleri belirlenmiştir. Ayrıca, temiz enerji ETF'lerini etkileyen korku endeksinin yalnızca VXXLE olduğu, OVX'in ise bu ETF'ler üzerinde bir etkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır.
Yılmaz vd. (2023)	03.05.2005 - 22.10.2021	Wilder Hill Temiz Enerji ETF Arca Teknoloji 100 (PSE) ETF WTI	TVP-VAR DCC- FIGARCH	Analiz sonuçlarına göre Covid-19 gibi türbülans dönemlerinde, varlıklar arasındaki dinamik bağlantılılığın arttığını gözlemlenmiştir. Ayrıca, analize dahil edilen ETF'lerin uzun hafıza özellikleri sergilediğini sonucuna varılmıştır.
Özdemir Höl (2024)	İlk işlem gününde n 16.06.2022 kadar	ALPS Temiz Enerji ETF (ACES), SPDR Kensho Temiz Enerji ETF (CNRG), First Trust Küresel Rüzgâr Enerjisi ETF (FAN), iShares Küresel Temiz Enerji ETF(ICLN),	Uzun Hafıza Modelleri (FIGARCH vb.)	Kurulan modelin sonuçlarına göre, ICLN, PBD ve PBW serilerinin hem getiri hem de volatilité açısından uzun dönem bellek özellikleri sergilediği, diğer değişkenlerin ise yalnızca volatilité açısından uzun dönem bellek gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bulgular, seçilen temiz enerji ETF'lerinin etkin piyasa hipotezine uymadığını ve

		Invesco Küresel Temiz Enerji Portföyü ETF (PBD), Invesco WilderHill Temiz Enerji ETF (PBW), First Trust NASDAQ Clean Edge Yeşil Enerji Endeks Fonu (QCLN) Invesco Solar ETF (TAN)		volatilitenin tahmin edilebilir bir yapıya sahip olduğunu ortaya konulmuştur.
Gürsoy vd., (2024)	Ağustos 2012 Ağustos 2022	İklim Politika Belirsizliği (CPU) S&P 500 Enerji Endeksi Karbon Emisyonu Ödenek Fiyatı (BJC) Bitcoin	Fourier Bootstrap ARDL Testi, Fourier Granger Nedensellik ve Fourier Toda- Yamamoto Nedensellik Analizi	Eşbütünleşme testlerinin sonuçlarına göre, BTC ile CARBON ve BTC ile CPU arasında pozitif, BTC ile ENERGY arasında ise negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Nedensellik ilişkileri incelendiğinde, CARBON'dan BTC'ye, BTC'den CPU'ya ve BTC'den ENERGY'ye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu saptanmıştır.

Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Önceki çalışmalarda, temiz enerji, teknoloji, hisse senedi ve petrol piyasası fiyatları arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyen araştırmaların çoğu, geleneksel yöntemlerle sınırlı kalmış olup, rejim değişikliklerini dikkate alan analizlerin bu yöntemlerle birleştirildiği çalışmalara rastlanmamıştır. Bu bağlamda, bu çalışmada petrol fiyatları ile alternatif enerji hisse senetlerinin fiyatları arasındaki ilişki hem geleneksel yöntemlerle hem de rejim değişikliklerini göz önünde bulunduran yaklaşımlarla analiz edilmiştir. Literatürde, petrol ile temiz enerji ve teknoloji hisse senedi fiyatları arasında pozitif bir ilişki olduğu varsayılmaktadır; çünkü yükselen petrol fiyatlarının, geleneksel enerji kaynaklarının yerine alternatif veya temiz enerji kaynaklarının kullanımını teşvik ettiği düşünülmektedir (Kumar vd., 2012). Bununla birlikte, teknoloji hisse senetleri ile temiz enerji fiyatları arasındaki ilişki de bu çalışmada ele alınmıştır. Bu ilişkinin varlığının, yatırımcıların temiz enerji hisse senetlerini diğer teknoloji hisse senetleri ile benzer değerlendirmelerinden kaynaklandığı öne sürülmektedir. Teknoloji hisse senetleri, iş döngülerine oldukça duyarlı olup, petrol fiyatlarının iş döngülerinin önemli bir belirleyicisi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, petrol fiyatlarındaki artışın, teknoloji hisse senetleri, temiz enerji hisse senetleri ve genel borsa fiyatları arasında pozitif bir korelasyona yol açması beklenmektedir (Henriques ve Sadorsky, 2008). Bu hipotez, petrol fiyatlarının iş döngüleri üzerindeki etkilerinin borsa davranışlarına yansıdığını ifade etmektedir. Bu çalışma, temiz enerji, teknoloji, hisse senedi fiyatları ve petrol piyasaları arasındaki bağlantılar üzerine tartışmalara önemli katkılar sunmaktadır.

3. Uygulama

3.1. Yöntem

Zaman serisi analizlerinde serilerin durağan olup olmadığının belirlenmesi, model tahmininin doğruluğu açısından önem taşımaktadır. Durağanlık analizi için literatürde daha çok birim kök testleri tercih edilmektedir. Birim kök testleri arasında ilk olarak Dickey-Fuller (DF) (1979) birim kök testi geliştirilmiştir. DF (1979) birim kök testinin modelinde hata teriminin otokorelasyon içermesi nedeniyle Augmented Dickey-Fuller (ADF) (1981) birim kök testi literatüre kazandırılmıştır. Bu testte, bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri modele eklenmiş ve böylece DF modelindeki otokorelasyon sorunu giderilmiştir. ADF (1981) birim kök testinin sabitsiz ve trendsiz, sabitli ve trendsiz, sabitli ve trendli seriler için oluşturulan modelleri Eşitlik 1-3'te gösterilmiştir:

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p Q_i \Delta Y y_{t-i} + e_t \quad (1)$$

$$\Delta y_t = \mu + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p Q_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (2)$$

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p Q_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (3)$$

Modellerde yer alan y_t bağımlı değişkeni, Δy_t bağımlı değişkenin birinci farkını, β sabit terim, e_t hata terimi, p ise optimal gecikme uzunluğu ve t ise trendi ifade etmektedir. Testin sıfır hipotezi '*Seride birim kök yoktur* ($\delta=0$)' şeklindedir. Hesaplanan τ test istatistiği, mutlak değerce kritik değerlerden mutlak değer olarak büyük olması durumunda serinin durağan olduğu sonucuna ulaşmaktadır.

Fourier ADF (2012) birim kök testi ise belirli bir frekans sayısını dikkate alan fourier fonksiyonunu kullanarak modelin deterministik bileşenindeki hem sert hem de yumuşak rejim değişikliklerine olanak sağlamaktadır. Fourier ADF (2012) birim kök testinin modelleri Eşitlik 4-5'te belirtilmiştir:

$$\Delta y_t = \alpha + y_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + y_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\Delta y_t = \alpha + \beta_t + y_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + y_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Modellerde yer alan y fourier tahmin fonksiyonu, k uygun frekans değerini ($1 \leq k \leq 5$) ve T ise gözlem sayısını ifade etmektedir. Testin sıfır hipotezi '*Seride birim kök vardır*' ($y_1 = y_2 = 0$) şeklindedir. Hesaplanan $\tau_{DF-\tau}$ test istatistiği, kritik değerlerden mutlak değer olarak büyükse serinin durağan olduğu sonucuna ulaşmaktadır.

Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testi, gecikmesi artırılmış vektör otoregresif modeline ($p+d_{max}$) dayanan, eşbütünleşme ilişkisini dikkate almayan ve nedensellik ilişkisinin Wald testiyle tahminlenmesine izin vermektedir. Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testinin modelleri Eşitlik 6-7'de belirtilmiştir:

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \beta_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (6)$$

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \beta_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \beta_{2i} Y_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (7)$$

Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testinin sıfır hipotezi ' $\beta_{2i} = 0$ (*Seriler arasında nedensellik ilişkisi yoktur*)' şeklindedir. Test sonucunda elde edilen düzeltilmiş Wald test istatistiği kritik değerlerden büyükse nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmaktadır.

Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik testi ise Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testinin geliştirilmiş bir versiyonudur. Bu testte, modelin açıklayıcılığı amacıyla serilerdeki yapısal kırılmalar için vektör otoregresyon modeline fourier fonksiyonu eklenmiştir. Testin uygulanabilmesi için önce uygun optimal gecikme uzunluğu ve fourier frekans değeri belirlenmektedir. Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik testi modeli Eşitlik 8'te belirtilmiştir:

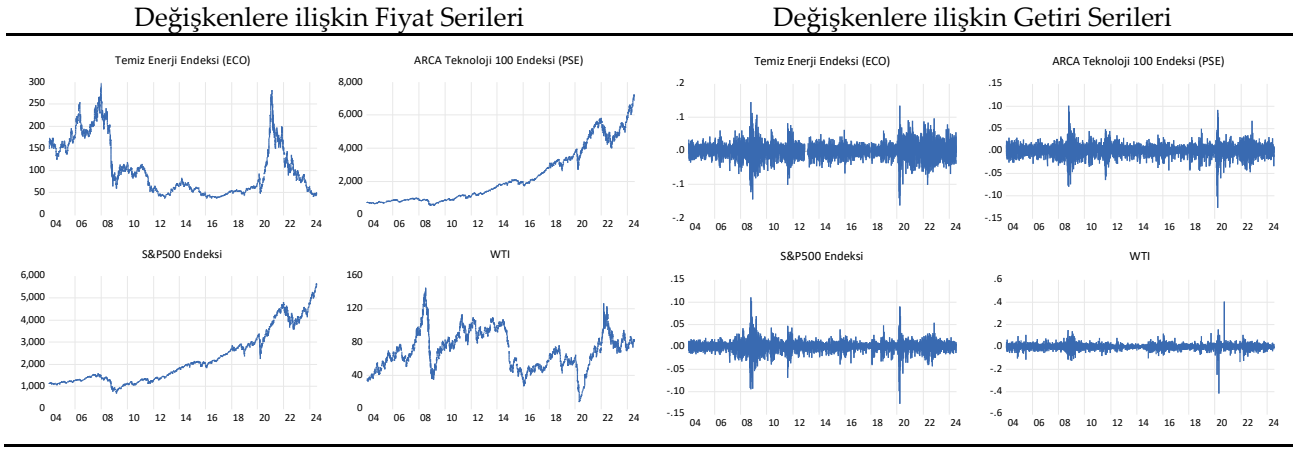
$$Y_t = \alpha_0 + Y_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + Y_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_1 Y_{t-1} + \dots + \beta_{p+d} Y_{t-(p+d)} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Modeldeki p optimal gecikme uzunluğunu ve d maksimum eşbütünleşme derecesini ifade etmektedir. Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik testinin sıfır hipotezi ' $\beta = 0$ (*Seriler arasında nedensellik ilişkisi yoktur*)' şeklindedir. Test sonucu elde edilen Wald veya F testi istatistiği, hesaplanan asimptotik ve bootstrap p değerleriyle karşılaştırıldığında test istatistiği, p değerlerinden mutlak değerce büyükse seriler arasında bir nedensellik ilişkisi olduğuna ulaşmaktadır.

3.2. Veri Seti ve Bulgular

Bu çalışmanın amacı temiz enerji, teknoloji, hisse senedi ve petrol piyasaları arasındaki nedensel ilişkiyi incelemektir. Bu amaç doğrultusunda temiz enerji piyasası için "WilderHill Temiz Enerji Endeksi (ECO)", teknoloji piyasası için "ARCA Teknoloji 100 Endeksi (PSE)", hisse senedi piyasası için "Standart&Poor's 500 Endeksi (S&P 500)" ve petrol piyasası için "West Texas Intermediate (WTI)" verileri dikkate alınmıştır. WilderHill Temiz Enerji Endeksi (ECO), temiz enerji hisse senetleri fiyatları için kullanılan ve temiz enerji hisse senetlerinden oluşan, modifiye edilmiş, dolar ağırlıklı bir endekstir. Bu endeks, seçici bir temiz enerji hisse senetleri endeksidir. Bu endekse dahil edilebilmek için bir işletmenin ya temiz enerjiye maruz kalması ya da temiz enerjiyi iletmeye veya geliştirmeye katkıda bulunması gerekmektedir. ARCA Teknoloji 100 Endeksi (PSE) ise teknoloji hisse senetleri fiyatları için bir temsilci olarak kullanılmaktadır. PSE, yazılım, telekomünikasyon, bilgisayar donanımı, havacılık ve savunma, yarı iletkenler, elektronik, biyoteknoloji ve sağlık ekipmanları içeren endüstrilerdeki lider işletmelerden oluşmaktadır. ECO ve PSE, literatürde sırasıyla temiz enerji ve teknoloji işletmelerinin hisse senedi fiyatlarını temsil etmek için yaygın olarak kullanılan

endekslerdir. Literatürü takip ederek petrol fiyatları West Texas Intermediate (WTI) ham petrol spot fiyatları olarak ölçülmektedir. WilderHill Temiz Enerji Endeksi'nin Ocak 2004'ten itibaren yayımlandığından, veri seti 02.01.2004-19.07.2024 dönemi günlük satış/kapanış verilerinden oluşmaktadır. ARCA Teknoloji 100 ve S&P 500 Endeksi ile WTI ham petrol fiyat verileri 'investing.com', Temiz Enerji Endeksi verileri ise 'marketwatch.com' veri terminalinden elde edilmiştir. Getiri serileri ise $r_{i,t} = \ln\left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}}\right)$ formülüyle hesaplanmıştır. Değişkenlerin hem fiyat hem de getiri serilerinin zaman yolu grafikleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Serilerin Zaman Yolu Grafikleri

Şekil 1'de yer alan serilere ait zaman yolu grafiklerine göre tüm serilerde yoğun rejim değişikliklerinin olduğu, fiyat serilerinde ise WilderHill Temiz Enerji Endeksi haricindeki tüm serilerin yükselen trende sahip olduğu görülmektedir. Getiri serilerinde görülen farklı dönemlerdeki volatiliteler kümelenebilir. Daha çok 2008, 2012 ve 2020 dönemlerine ait olduğu, 2008 yılındaki kümelenebilirliğin ABD konut piyasasında başlayan ve ardından hızla finansal sektöre yayılan mortgage krizi ve sonucunda büyük finans kuruluşlarının iflas etmesiyle oluşan Küresel Ekonomik Kriz, 2012 yılındaki kümelenebilirliğin Avrupa Birliği (AB) ülkelerinin bazılarının kamu borçlarını ödeyemez hale gelmesinden kaynaklanan Avrupa Borç Krizi, 2020'deki kümelenebilirliğin ise 2019'un sonlarında Çin'in Hubei eyaletine bağlı Wuhan şehrinde başlayan ve hızla dünya geneline yayılan COVID-19 salgınından kaynaklandığı düşünülmektedir. Araştırmada kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistik bilgileri Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

	ECO	ARCA (PSE)	S&P500	WTI
Ortalama	-0.000229	0.000442	0.000310	0.000171
Medyan	0.000765	0.000958	0.000704	0.000851
Maksimum	0.145195	0.101009	0.109644	0.403522
Minimum	-0.162390	-0.127374	-0.127657	-0.417654
Standart Sapma	0.022359	0.012934	0.011965	0.026147
Çarpıklık	-0.273345	-0.370298	-0.527411	-1.070974
Basıklık	7.319259	10.22161	16.31714	41.40538
Jarque-Bera	4082.405***	11350.30***	38435.58***	318660.4***
Olasılık Değeri	[0.000000]	[0.000000]	[0.000000]	[0.000000]
Gözlem Sayısı	5169	5169	5169	5169

Not: ***, %1 güven aralığında istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 2'de belirtilen değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistik bilgilerine göre seriler arasında en düşük ortalamaya WilderHill Temiz Enerji Endeksi, en yüksek ortalamaya ARCA Teknoloji 100 Endeksi'nin; en düşük volatilitelere Standart&Poor's 500 Endeksi, en yüksek volatilitelere West Texas Intermediate ham petrol fiyatının sahip olduğuna ulaşılmaktadır. Çarpıklık katsayılarına göre tüm serilerin sola çarpık, basıklık katsayılarına göre tüm serilerin sivri bir dağılımı olduğu görülmektedir. Jarque-Bera normallik testi sonucuna göre ise tüm serilerin normal dağılmadığı belirlenmiştir. Araştırmada serilerin durağan olup olmadığının

belirlenmesi için ADF (1981) ve fourier ADF (2012) nedensellik testleri uygulanmıştır. Bu testin sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. ADF ve Fourier ADF Birim Kök Testi Sonuçları

	Model	Fiyat		Getiri	
		ADF	Fourier ADF	ADF	Fourier ADF
ECO	Sabitli	-1.732	-2.255	-25.764**	-25.912**
	Sabit ve Trendli	-1.993	-2.253	-25.761**	-25.918**
ARCA (PSE)	Sabitli	1.866	1.863	-24.373**	-24.408**
	Sabit ve Trendli	-0.792	-2.767	-24.393**	-24.443**
S&P500	Sabitli	1.732	1.983	-24.141**	-24.180**
	Sabit ve Trendli	-0.775	-2.603	-24.169**	-24.233**
WTI	Sabitli	-2.608*	-2.899	-22.487**	-22.547**
	Sabit ve Trendli	-2.616	-2.970	-22.488**	-22.545**

Not: ADF testinde maksimum gecikme sayısı belirlenmiş ve optimum gecikme sayısı Schwarz Bilgi Kriterine (SIC) göre belirlenmiştir. ADF testinde kritik değerler sabitli model için -3.430 (%1), -2,856 (%5) ve -2,565 (%10); sabit ve trendli model için -3.957 (%1), -3.405 (%5) ve - 3.121 (%10)'dur. Parantez içindeki değerler fourier sayısını göstermektedir ve kritik değerler 'Enders ve Lee (2012). *The Flexible Fourier Form and Dickey-Fuller Type Unit Root Tests. Economics Letters, 117, 196-1999*' kaynağından elde edilmiştir. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

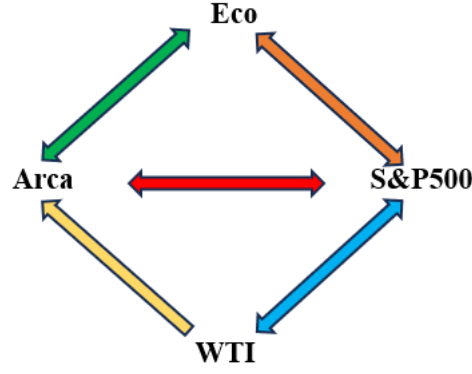
Tablo 3'te verilen ADF (1981) ve Fourier ADF (2012) nedensellik testi sonuçlarına göre fiyat serilerinde sadece West Texas Intermediate ham petrol fiyat serilerinin sadece sabitli modelinde, diğer tüm getiri serilerinin tüm modellerinde frekans değerleri için hesaplanan test istatistikleri kritik değerlerinden mutlak değerce büyük olduğu gözlemlenmiş, böylece tüm serilerin düzey değerlerinde yapısal kırılmalı doğrusal olmayan durağan olduğuna ulaşılmaktadır. Seriler arasındaki nedensellik ilişkisinin belirlenmesi için Toda-Yamamoto (1995) ve Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik testleri uygulanmıştır. Testlerin sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Toda-Yamamoto ve Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

Bağımlı Değişken	Toda-Yamamoto							
	Eco	Olasılık	Arca	Olasılık	S&P500	Olasılık	WTI	Olasılık
Eco	-	-	12.953	0.044**	16.335	0.012**	7.559	0.272
Arca	12.305	0.055*	-	-	12.091	0.060*	7.690	0.262
S&P500	21.016	0.002**	32.199	0.000**	-	-	12.655	0.049**
WTI	8.323	0.215	13.464	0.036**	19.538	0.003**	-	-
Bağımlı Değişken	Fourier Toda-Yamamoto							
	Eco	Olasılık	Arca	Olasılık	S&P500	Olasılık	WTI	Olasılık
Eco	-	-	12.931	0.044**	16.118	0.013**	7.561	0.272
Arca	12.873	0.045**	-	-	12.112	0.060*	7.651	0.265
S&P500	21.330	0.002**	32.236	0.000**	-	-	12.657	0.049**
WTI	8.347	0.214	13.472	0.036**	19.531	0.003**	-	-

Not: ***, ** ve *, sırasıyla %1, %5 ve %10 güven aralığında istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 4'teki Toda-Yamamoto (1995) ve Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik testi sonuçlarına göre WilderHill Temiz Enerji Endeksi ile ARCA Teknoloji 100 ve S&P 500 Endeksi, S&P 500 Endeksi ile WTI ham petrol fiyatları arasında çift yönlü; ARCA Teknoloji 100 Endeksi'nden WTI ham petrol fiyatlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. Şekil 2'de, değişkenler arasındaki nedensellik analizine ait sonuçlar özetlenmektedir.



Şekil 2. Değişkenler Arasındaki Nedensellik Analizi Sonuçları

4. Sonuç ve Değerlendirme

Günümüzde enerji, günlük yaşamın devamı için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Enerjiye yönelik harcamalar, ülkelerin ekonomilerini hem makro hem de mikro düzeyde etkiler. Doğada birçok enerji türü bulunsa da en çok tüketilen enerji kaynakları fosil yakıtlardır ve bunlar arasında petrol, en büyük paya sahip kaynaktır. Fosil yakıtların çevreye verdiği zarar nedeniyle ortaya çıkan iklim değişikliği sorunu, enerji ihtiyacının yenilenebilir enerjiye yönelmesine neden olmaktadır. Her ne kadar alternatif enerji, toplam enerji tüketiminde en küçük paya sahip olsa da bu pay hızlı bir şekilde artmaktadır. Küresel iklim değişikliği konusundaki artan hassasiyet ve gelişen teknolojinin bu büyümedeki rolü oldukça önemlidir. Öte yandan, alternatif enerji üretimi ve dağıtımını yapan şirketler için olumlu bir iş ortamı yaratması beklenen enerji güvenliği sorunları ve çevresel kaygılar, iş dünyası, toplum ve çevre arasındaki etkileşimlerin merkezinde yer alan önemli faktörlerdir. Enerji güvenliği, ülkelerin sürdürülebilir enerji kaynaklarına erişimini garanti altına almayı hedeflerken çevresel kaygılar, fosil yakıtların çevreye verdiği zararları en aza indirmek amacıyla alternatif enerji kaynaklarına geçişi teşvik etmektedir. Bu faktörlerin uzun vadede alternatif enerji sektörünü olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. Ancak bu iyimser tabloya rağmen, petrol fiyatları ile alternatif enerji sektörünün finansal performansı arasındaki karmaşık ilişkilerin daha derinlemesine anlaşılması, sektörün önümüzdeki yıllarda göstereceği gelişim açısından kritik öneme sahiptir.

Piyasa oyuncuları, enerji ve finansal piyasalar arasındaki karmaşık ve asimetrik ilişkilerle karşı karşıya kalırken enerji piyasalarına olan artan ilgi, yatırımcıları ve politika yapıcılarını enerji ve finansal varlıklar arasındaki nedensellik ilişkilerini daha yakından incelemeye yönlendirmektedir. Fosil yakıt rezervlerinin tükenme riski, politika yapıcılarının dikkatini alternatif enerji kaynaklarına çevirmesine neden olurken çevresel sorunlar, temiz enerji yatırımlarının artmasına yol açmıştır. Daha önce yapılan araştırmalar, petrol fiyatları ve teknoloji hisse senetleri gibi değişkenlerin temiz enerji hisse senetleri üzerinde belirgin etkiler yarattığını göstermiştir. Petrol piyasası, temiz enerji sektörü için bir ikame olarak kabul edilirken teknoloji sektörü ise temiz enerji sektörünün önemli bir girdisidir ve teoride temiz enerji, petrol piyasası ve teknoloji sektörü arasında çeşitli ilişkiler olduğu belirtilmektedir. Bu doğrultuda çalışmamız, enerji piyasaları ile finansal performans arasındaki nedensellik ilişkilerini daha kapsamlı bir şekilde incelemek amacıyla Toda-Yamamoto (1995) ve Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik yöntemlerini kullanarak bu bağlantıları analiz etmektedir.

Temiz enerji, teknoloji, hisse senedi ve petrol piyasaları arasındaki nedensel ilişkinin araştırıldığı çalışmada, hem Toda-Yamamoto (1995) hem de Fourier Toda-Yamamoto (2016) nedensellik testi sonuçlarına göre WilderHill Temiz Enerji Endeksi ile ARCA Teknoloji 100 ve S&P 500 Endeksi, S&P 500 Endeksi ile WTI ham petrol fiyatları arasında çift yönlü; ARCA Teknoloji 100 Endeksi'nden WTI ham petrol fiyatlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. Bu sonuçlar, literatürde Henriques ve Sadorsky (2008), Kumar ve diğ. (2012), Reboredo ve diğ. (2016), Kanamura (2022), Du ve Dink (2023) çalışmalarıyla benzer sonuçlar içermektedir. WilderHill Temiz Enerji Endeksi ile ARCA Teknoloji 100 ve S&P 500 Endeksi arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin bulunması, temiz enerji, teknoloji ve hisse senedi piyasasının birbirlerini destekleyen özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu ilişkinin temiz enerji sektörünün yeni teknolojilere ve yenilikçi fikirlere açık olması, enerji verimliliğinin artırılması ve maliyetinin düşürülmesi için Ar-Ge faaliyetlerine önem vermesi, ayrıca temiz enerji sektörünün gelecekte büyüme potansiyelinin yüksek olması dolayısıyla birçok yatırımcının uzun vadeli yatırım planında yer verdiği anlaşılmaktadır. S&P 500 Endeksi ile

WTI ham petrol fiyatları arasındaki çift yönlü nedensellik ilişkisi değerlendirildiğinde, petrol fiyatlarının enerji maliyeti göstergesi niteliğinde olması ve yüksek petrol fiyatlarının şirketlerin maliyetlerini artırarak karlılıklarını düşürmeleri ya da düşük petrol fiyatlarının şirketlerin maliyetlerini azaltarak yüksek karlılık elde etmelerinden ileri gelmektedir. Bireyler açısından düşünüldüğünde ise petrol fiyatları tüketim harcamalarını etkilemekte, böylece yüksek petrol fiyatları bireylerin tüketim harcamalarını artırıp tasarruf hacmini kısıtladığından şirketlerin gelirleri bu durumdan olumsuz, düşük petrol fiyatları tüketim harcamalarını artırıp bireylerin daha fazla ürün ve hizmete harcama yapmasına izin vererek hisse senedi piyasasını olumlu etkileyebilmektedir. ARCA Teknoloji 100 Endeksi'nden WTI ham petrol fiyatlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulgusu ise teknoloji sektöründeki gelişmelerin enerji tasarrufu sağlamalarının petrole olan talepte azalışa neden olabileceği, sektörde ihtiyaç duyulan enerjinin alternatif enerji kaynaklarından elde edilerek fosil yakıtlara olan talebin azalabileceği ve bu durumun petrolün fiyatlarına olumsuz etki edebileceği tahmin edilmektedir.

Temiz enerji, teknoloji, hisse senedi ve petrol piyasası arasındaki ilişkinin araştırılması, bu piyasalarda yer almak isteyen potansiyel yatırımcıların üstleneceği riskleri ve karşılaşacağı fırsatları değerlendirmeleri açısından önemlidir. Yatırımcılar, portföylerini çeşitlendirirken ve risk yönetimi stratejileri oluştururken bu ilişkileri dikkate alarak yatırımda bulunmaları, kazanç yaratma potansiyellerini artıracaktır. Ayrıca bu sonuçlar, politika yapıcılar için de ülkedeki ekonomik ve finansal istikrarın sürdürülmesi ve enerji stratejilerinin oluşturulmasında önemli katkılar sunması beklenmektedir. İlerleyen çalışmalarda potansiyel yatırımcılar, portföy yöneticileri ve politika yapıcıların geleceğe ilişkin öngörülerini artırmak amacıyla daha fazla piyasa dikkate alınarak bu piyasalar arasındaki ilişkiler araştırılabilir.

Kaynakça

- Ahmad, W. (2017). On the dynamic dependence and investment performance of crude oil and clean energy stocks. *Research in International Business and Finance*, 42, 376–389. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2017.07.140>
- Batrancea, L., Rus, M. I., Masca, E. S., & Morar, I. D. (2021). Fiscal pressure as a trigger of financial performance for the energy industry: An empirical investigation across a 16-year period. *Energies*, 14(13), 3769. <https://doi.org/10.3390/en14133769>
- Brown, S. P. A. & Yucel, M. K. (1999). Oil prices and U.S. aggregate economic activity: A question of neutrality. *Economic and Financial Review - Federal Reserve Bank of Dallas*, 16-23. <https://www.researchgate.net/publication/5029973>
- Çelik, İ., Sak, A. F., Höl, A. Ö., & Vergili, G. (2022). The dynamic connectedness and hedging opportunities of implied and realized volatility: Evidence from clean energy ETFs. *The North American Journal of Economics and Finance*, 60, 101670. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101670>
- Darby, M. R. (1982). The price of oil and world inflation and recession. *The American Economic Review*, 72(4), 738–751. <https://www.jstor.org/stable/1810014>
- Dawar, I., Dutta, A., Bouri, E. and Saeed, T. (2020). Crude oil prices and clean energy stock indices: Lagged and asymmetric effects with quantile regression. *Renewable Energy*, 163, 288-299. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.08.162>
- Dias, R., Horta, N., Chambino, M. (2023). Clean energy action index efficiency: an analysis in global uncertainty contexts. *Energies*, 16(9), 3937, 1–18. <https://doi.org/10.3390/en16093937>
- 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(366), 427–31.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, 49, 1057-72.
- Edelstein, P., & Kilian, L. (2009). How sensitive are consumer expenditures to retail energy prices? *Journal of Monetary Economics*, 56(6), 766–779. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2009.06.001>

- Enders, W., & Lee, J. (2012). The flexible form and dickey-fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117 (1), 196–199. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.04.081>
- Eyraud, L., Wane, M. A., Zhang, M. C., & Clements, M. B. J. (2011). Who's going green and why? Trends and determinants of green investment. *International Monetary Fund*.
- Finance, B. N. E. (2010). Global trends in sustainable energy investment 2010: Analysis of trends and issues in financing. <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc28505/>
- Sundt, S., & Rehdanz, K. (2015). Consumers' willingness to pay for green electricity: A meta-analysis of the literature. *Energy Economics*, 51, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.06.005>
- Gençyürek, A. G., & Ekinci, R. (2021). Temiz enerji sektörü, teknoloji sektörü ve ham petrol arasındaki yayılım ilişkisi. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 60–81. <https://doi.org/10.30784/epfad.798974>
- Gürsoy, S., Jóźwik, B., Dogan, M., Zeren, F., & Gulcan, N. (2024). Impact of climate policy uncertainty, clean energy index, and carbon emission allowance prices on Bitcoin returns. *Sustainability*, 16(9), 3822. <https://doi.org/10.3390/su16093822>
- 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. (2003). What is an oil shock? *Journal of Econometrics*, 113(2), 363–398. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(02\)00207-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(02)00207-5)
- Hamilton, J. D. (2009). Causes and consequences of the oil shock of 2007–08. *Brookings Papers on Economic Activity, Spring*, 215–259.
- Henriques, I., & Sadorsky, P. (2008). Oil prices and the stock prices of alternative energy companies. *Energy Economics*, 30(3), 998–1010. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.11.001>
- Höl, A. Ö. (2024). Long memory in clean energy exchange traded funds. *Politická ekonomie*. <https://doi.org/10.18267/j.polek.1415>
- Höl, A. Ö. (2024). Long memory in clean energy exchange traded funds. *Politická ekonomie*. <https://doi.org/10.18267/j.polek.1423>
- Huang, R. D., Masulis, R. W., & Stoll, H. R. (1996). Energy shocks and financial markets. *Journal of Futures Markets*, 16(1), 1–27. <https://ssrn.com/abstract=900741>
- Jones, C. M., & Kaul, G. (1996). Oil and the stock markets. *The Journal of Finance*, 51(2), 463–491. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1996.tb02691.x>
- Jones, C. M., & Kaul, G. (1996). Oil and the stock markets. *The Journal of Finance*, 51(2), 463–491. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1996.tb02691.x>
- Kaminker, C., & Stewart, F. (2012). *The role of institutional investors in financing clean energy*. OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions, (No. 23), 1.
- Karanfil, F. (2009). How many times again will we examine the energy-income nexus using a limited range of traditional econometric tools? *Energy Policy*, 37(4), 1191–1194. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.029>
- Kilian, L. (2008). Exogenous oil supply shocks: How big are they and how much do they matter for the US economy? *The Review of Economics and Statistics*, 90(2), 216–240. <https://doi.org/10.1162/rest.90.2.216>
- Kilian, L. (2009). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review*, 99(3), 1053–1069. <http://doi.org/10.3886/E113299V1>
- Kilian, L., & Park, C. (2009). The impact of oil price shocks on the US stock market. *International Economic Review*, 50(4), 1267–1287. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2009.00568.x>
- Kocaarslan, B., & Soytaş, U. (2019). Asymmetric pass-through between oil prices and the stock prices of clean energy firms: New evidence from a nonlinear analysis. *Energy Reports*, 5, 117–125.

<https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.01.002>

- Kumar, S., Managi, S., & Matsuda, A. (2012). Stock prices of clean energy firms, oil and carbon markets: A vector autoregressive analysis. *Energy Economics*, 34(1), 215–226. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.03.002>
- Managi, S., & Okimoto, T. (2013). Does the price of oil interact with clean energy prices in the stock market? *Japan and the World Economy*, 27(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.japwor.2013.03.003>
- Nasreen, S., Tiwari, A. K., Eizaguirre, J. C., & Wohar, M. E. (2020). Dynamic connectedness between oil prices and stock returns of clean energy and technology companies. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121015>
- Nazlioglu, S., Gormus, A., & Soytaş, U. (2016). Oil prices and real estate investment trusts (REITs): Gradual-shift causality and volatility transmission analysis. *Energy Economics*, 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.09.00>
- Özdemir Höl, A., Gülcan, N., & Boyacıoğlu, N. (2023). Enerji korkusunun temiz enerji ETF volatilitesi üzerine etkisi: TVP-VAR uygulaması. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(1), 215–230. <https://doi.org/10.11616/asbi.1212753>
- Paramati, S. R., Ummalla, M., & Apergis, N. (2016). The effect of foreign direct investment and stock market growth on clean energy use across a panel of emerging market economies. *Energy Economics*, 56, 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.02.008>
- Park, J., & Ratti, R. A. (2008). Oil price shocks and stock markets in the US and 13 European countries. *Energy Economics*, 30(5), 2587–2608. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.04.003>
- Razmi, S. F., Bajgiran, B. R., Behname, M., Salari, T. E., & Razmi, S. M. J. (2020). The relationship of renewable energy consumption to stock market development and economic growth in Iran. *Renewable Energy*, 145, 2019–2024. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.166>
- Reboredo, J. C. (2015). Is there dependence and systemic risk between oil and renewable energy stock prices? *Energy Economics*, 48, 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.12.009>
- Sadorsky, P. (1999). Oil price shocks and stock market activity. *Energy Economics*, 21(5), 449–469. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(99\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(99)00020-1)
- Sadorsky, P. (2001). Risk factors in stock returns of Canadian oil and gas companies. *Energy Economics*, 23(1), 17–28. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(00\)00072-4](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(00)00072-4)
- Sadorsky, P. (2011). The impact of financial development on energy consumption in emerging economies. *Energy Policy*, 38(5), 2528–2535. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.048>
- Sadorsky, P. (2012). Financial development and energy consumption in Central and Eastern European frontier economies. *Energy Policy*, 39(2), 999–1006. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.034>
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225–250. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
- Yılmaz, T., Çelik, İ., Zeren, F., & Esen, S. (2023). Dynamic connectedness and hedging opportunity nexus between clean energy, crude oil, and technology sector. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 13(1), 23–36.