



Dergi ana sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/pausbed>

Araştırma Makalesi

Atıf Bilgisi: Gürbüz, A. & Büyükoğlu, B. (2026). Yeşil tahviller ile hisse senedi, tahvil, emtia ve kripto piyasaları arasındaki bağlantılar: dalgacık tutarlılığı yaklaşımı. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 73, 16-33. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1794799>

YEŞİL TAHVİLLER İLE HİSSE SENEDİ, TAHVİL, EMTİA VE KRİPTO PİYASALARI ARASINDAKİ BAĞLANTILAR: DALGACIK TUTARLILIĞI YAKLAŞIMI

Aydın GÜRBÜZ^{1*}, Burak BÜYÜKOĞLU²

¹Dr., Bağımsız Araştırmacı, aydingurbuz46@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2428-2327>

²Doç. Dr., Gaziantep Üniversitesi, Nizip Meslek Yüksekokulu, Dış Ticaret Bölümü, burakbuyukoglu@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1174-3112>

Öz

Küresel ölçekte sürdürülebilir finans araçlarının önemi artarken, yeşil tahvillerin geleneksel finansal piyasalarla olan etkileşimlerinin anlaşılması gerek akademik literatür gerekse piyasa aktörleri açısından kritik hale gelmiştir. Bu çalışma, 2 Mart 2015-10 Şubat 2025 dönemi kapsamında, küresel yeşil tahvil piyasası ile finansal piyasalar (hisse senedi, geleneksel tahvil, emtia, karbon yoğun enerji kripto para piyasaları) arasındaki bağlantıları incelemektedir. Analizde, piyasalar arasındaki ilişkiler zaman ve frekans boyutlarını eşanlı olarak yakalayabilen dalgacık tutarlılığı yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, farklı zaman dilimlerinde ve frekanslarda yeşil tahvil ile finansal piyasalar arasındaki genel görünümün pozitif yönlü olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca çoğu durumda finansal piyasaların yeşil tahvillere öncülük ettiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, yeşil tahvillerin hisse senedi ve geleneksel tahvil piyasalarıyla daha güçlü bir bağlantı içerisinde olduğu, buna karşın emtia, karbon yoğun enerji ve kripto para piyasalarıyla ilişkilerin daha zayıf kaldığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, sürdürülebilir portföy stratejileri tasarlayan yatırımcılar, risk yönetimi modelleri geliştiren finansal kurumlar ve yeşil finans politikalarını şekillendiren düzenleyici otoriteler açısından önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Yeşil tahvil, Sürdürülebilir finans, Finansal piyasalar, Dalgacık tutarlılığı.

LINKAGES BETWEEN GREEN BONDS AND STOCK, BOND, COMMODITY, AND CRYPTOCURRENCY MARKETS: A WAVELET COHERENCE APPROACH

Abstract

As the importance of sustainable finance instruments increases on a global scale, understanding the interactions between green bonds and traditional financial markets has become critical for both academic literature and market participants. This study investigates the linkages between the global green bond market and financial markets (equities, conventional bonds, commodities, carbon-intensive energy, and cryptocurrencies) over the period from March 2, 2015 to February 10, 2025. The analysis employs the wavelet coherence method, which enables the simultaneous capture of relationships across both time and frequency domains. The results indicate that the overall relationship between green bonds and financial markets is predominantly positive across different horizons and frequencies. Moreover, in most cases, we find that financial markets lead green bonds. However, while green bonds exhibit stronger connections with equity and conventional bond markets, their linkages with commodities, carbon-intensive energy, and cryptocurrency markets are relatively weaker. These findings provide important implications for investors designing sustainable portfolio strategies, financial institutions developing risk management models, and regulatory authorities shaping green finance policies.

Keywords: Green bond, Sustainable finance, Financial markets, Wavelet coherence.

* Sorumlu yazar: Aydın GÜRBÜZ (aydingurbuz46@gmail.com)

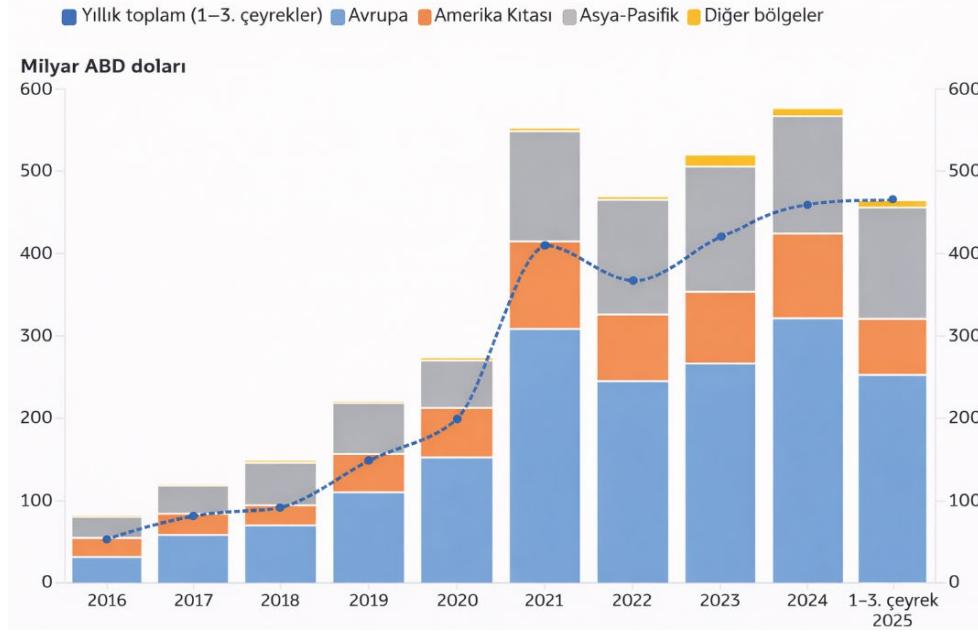
Yayımlanan makalenin telif hakkı, CC BY 4.0 lisansı kapsamında yazara aittir. Bu lisansın bir kopyasını görmek için şu adresi ziyaret ediniz: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

1. GİRİŞ

Hızla büyüyen ve gelişen dünyamızda, nüfus da aynı hızla artmaktadır. Nüfus artışı, sınırlı kaynaklara sahip dünyamızın sunduğundan daha fazla ihtiyacı beraberinde getirmektedir. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler, giderek artan ihtiyaçları karşılayabilmek amacıyla doğal kaynak tüketimini artırırken, teknoloji ve sanayileşmenin hızla ilerlemesi çevreye zarar veren adımları da beraberinde getirmektedir. Bu süreç, çevresel ve iklimsel sorunları tetiklemekte ve sürdürülebilir bir gelecek için çözüm arayışlarını zorunlu kılmaktadır. Ortaya çıkan bu sorunlar karşısında hem devletler ve uluslararası örgütler hem de büyük şirketler, çözüm önerileri geliştirmeye çalışmaktadır. Örneğin, ülkeler iklim ve çevresel sorunların üstesinden gelmek için Yeşil Mutabakat gibi anlaşmalar yaparak, yasal yaptırımlar, teşvikler ve vergi muafiyetleri gibi önlemlerle çevreye verilen zararı azaltmaya çalışmaktadır. Ancak, bu adımlar hala yetersizdir ve şirketler, kârlılıklarını artırabilmek için karbona dayalı üretim süreçlerine yönelmeye devam etmektedir. Bu durum, hükümetlerin çevre ve iklim politikalarını güçlendirmelerini ve bu konudaki çabalarını artırmalarını gerektirmektedir. Çevresel yatırımların finansmanı konusundaki bu ihtiyaç, yenilikçi yatırım araçlarının önemini ortaya çıkarmıştır. Yeşil tahviller, yenilenebilir enerji, çevreye ve doğaya faydalı projelerin finanse edilebilmesi amacıyla geliştirilmiş doğa dostu finansal araçlardan biridir (Kanamura 2020; Sartzetakis 2021; Yeow & Ng, 2021). Yeşil tahvillerin klasik tahvillerden farkı, elde edilen gelirlerin çevre dostu projelerin finansmanında kullanılmasıdır. Park vd. (2020), yeşil tahvilleri çevreye fayda sağlayacak projelerin sürdürülebilir olması için uzun vadeli bir finansman aracı olarak tanımlamaktadır.

Yeşil tahviller, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir altyapı projeleri gibi çevre dostu yatırımlara kaynak sağlayarak, ekolojik etkileri azaltma hedefi güden bir finansal enstrüman olarak öne çıkmaktadır (Reboredo, 2018). 2014 yılında Uluslararası Sermaye Piyasaları Birliği (ICMA) tarafından ilan edilen Yeşil Tahvil Prensipleri, bu tahvillerin tanımını, nasıl ihraç edilmesi gerektiğini ve hangi projelere fon sağlanabileceğine dair standartları netleştirerek yatırımcı ilgisini önemli ölçüde artırmıştır. Yatırımcılar açısından cazip hale gelmelerinin en önemli nedenlerinden biri, diğer sabit getirili varlıklarla benzer risk ve getiri profiline sahip olmalarıdır. Ayrıca, yüksek likiditeleri sayesinde piyasada daha geniş bir yatırımcı kitlesine hitap etmektedirler. Tüm bu özellikler, yeşil tahvilleri düşük karbonlu bir ekonomi hedefi doğrultusunda etkili bir araç haline getirmektedir (Hammoudeh vd., 2020).

Yeşil tahvil piyasasının küresel ölçekteki hızlı gelişimi, ihraç hacimlerindeki artış üzerinden de açıkça gözlemlenmektedir. Şekil 1’de, 2016-2025 dönemi için küresel yeşil tahvil ihraçlarının yıllık büyüklüğü ve bölgesel dağılımı sunulmaktadır. Buna göre, 2016 yılından itibaren istikrarlı bir büyüme eğilimi sergileyen yeşil tahvil piyasasında toplam ihraç hacmi kümülatif olarak 3 trilyon ABD dolarını aşmıştır. Özellikle 2021 yılında, Paris İklim Anlaşması sonrası hız kazanan iklim politikaları ve sürdürülebilir finansman ihtiyacının artmasıyla birlikte yeşil tahvil ihraçlarında belirgin bir sıçrama yaşanmıştır. Ancak 2022 yılında Rusya-Ukrayna savaşı, enerji arz güvenliği endişeleri ve küresel finansal belirsizlikler nedeniyle yeşil tahvil ihraç hacminde geçici bir yavaşlama gözlemlenmiştir. Bu dönemi takiben piyasa yeniden toparlanmış ve 2024 yılında yaklaşık 575 milyar ABD doları ile bugüne kadarki en yüksek yıllık yeşil tahvil ihracı gerçekleştirilmiştir. 2025 yılının üçüncü çeyreği itibarıyla ise toplam ihraç hacmi yaklaşık 475 milyar ABD dolarına ulaşmış olup, yıl sonu itibarıyla yeni bir rekor seviyeye ulaşılması beklenmektedir. Bu gelişmeler, yeşil tahvil piyasalarının küresel finansal sistem içerisindeki önemini giderek arttığını ve sürdürülebilir finansın temel bileşenlerinden biri hâline geldiğini göstermektedir.

Şekil 1. 2016-2025 döneminde küresel yeşil tahvil ihraçlarının yıllık büyüklüğü ve bölgesel dağılımı.

Kaynak: Meng & Clements, 2025; LSEG

Yeşil tahvillerin sürdürülebilir finans aracı olarak gelişimi hem bireysel hem de kurumsal yatırımcılara portföylerini çeşitlendirme ve çevresel kaygıları yatırım tercihlerine entegre etme imkânı sunmaktadır (Jiang vd., 2022). Çevresel kirliliklerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, yatırımcı davranışlarını da değiştirmekte ve psikolojik kanallar aracılığıyla finansal piyasaları etkilemektedir (He & Shi, 2023). Bu bağlamda, yatırımcıların olumsuz çevresel koşullar nedeniyle risk algılarının artması borsa talebini azaltabilmekte ve fiyat dalgalanmalarına yol açabilmektedir (Statman vd., 2006; Symeonidis vd., 2010). Çevre ve hava kirliliğinin artan şiddeti ise fizyolojik iletim mekanizmaları aracılığıyla finansal piyasalarda katmanlı ve heterojen etkiler yaratmaktadır (Teng & He, 2020). Benzer bir etki, yeşil tahvillerin fiyatlama süreçleri açısından da geçerlidir (He vd., 2024). Artan çevresel farkındalık bireyleri doğa dostu uygulamalara yönlendirmekte, hükümetlerin çevreci politikalarına desteği artırmakta (Wang vd., 2018) ve yatırım kararlarında varlıkların çevresel etkilerinin dikkate alınmasına zemin hazırlamaktadır (Pineiro-Chousa vd., 2020). Bu eğilim, yeşil yatırım araçlarının cazibesini güçlendirmekte ve sürdürülebilir finansın küresel ölçekte önemini artırmaktadır (Pastor vd., 2021). Örneğin, Lepori (2009) çalışmasında, 1980-2006 dönemleri arasında İtalya, ABD, İspanya ve Almanya örneklemelerinde hava kirliliğinin borsa getirileri üzerinde olumsuz etkiler yarattığını belirtmiştir. Benzer şekilde, Levy ve Yagil (2011) ise, 1997-2007 dönemleri arasında ABD örneğinde yaptıkları çalışmalarında günlük hisse senedi getirileri ile hava kalitesi endeksi (AQI) arasındaki ilişkiyi incelemişler ve hava kirliliğinin hisse senedi getirileri ile negatif bir ilişki içinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Dolayısıyla, çevresel kirliliklerin yatırımcılar üzerindeki olumsuz etkileri, yeşil varlıklara olan yönelimi giderek artırmaktadır. Ancak bu varlıkların finansal sistem içerisindeki rolünü anlayabilmek için yalnızca kendi getirileri değil, diğer finansal piyasalarla olan etkileşimleri de dikkate alınmalıdır. Özellikle kriz dönemlerinde piyasalar arasındaki risk aktarım mekanizmaları farklılaşmakta, bu da yatırımcıların portföy oluşturma stratejilerinde kritik bir rol oynamaktadır. Yeşil varlıkların kriz ve belirsizlik zamanlarında geleneksel varlıklara kıyasla nasıl bir görünüm sergilediğinin ortaya konulması, yatırımcıların riskten korunma ve çeşitlendirme imkanlarını daha sağlıklı değerlendirmelerine olanak sağlamaktadır. Görece yeni bir finansal araç olan yeşil tahvillerin piyasa hacmi her geçen gün artmaktadır. Literatürde bu piyasalara yönelik çalışmaların önemli bir kısmı, yeşil tahviller ile geleneksel tahviller arasındaki ilişkileri incelemeye odaklanmıştır. Ancak yeşil tahvillerin diğer geleneksel finansal varlıklarla etkileşimini konu alan araştırmalar görece sınırlıdır ve henüz gelişim aşamasındadır. Bu

çalışmada, ilk olarak söz konusu boşluğu doldurmayı hedeflemekte ve yeşil finans literatürüne katkı sağlayacak şekilde yeşil tahvil piyasalarının çeşitli küresel finansal piyasalarla olan ilişkilerini ele almaktadır. İkinci olarak, bu ilişkileri dalgacık tutarlılığı yöntemini kullanarak incelenmektedir. Bu yöntem, piyasalar arasındaki ilişkileri hem zaman boyutunda hem de frekans boyutunda ortaya koyarak kısa, orta ve uzun vadeli bağlantıları eşzamanlı olarak analiz etme imkânı sunmaktadır. Ayrıca dalgacık temelli yaklaşım, piyasalar arasındaki yönsel öncülük ilişkilerini de belirleyebilmekte, böylece hangi piyasanın diğerine risk veya bilgi aktarımında daha baskın olduğunu göstermektedir. Böylece, yeşil tahvillerin yatırımcı portföylerinde nasıl konumlandırılması gerektiğine dair önemli içgörüler sağlanacak ve yatırımcıların küresel ölçekte daha geniş kapsamlı portföy stratejileri geliştirmelerine katkıda bulunacaktır.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde yapılandırılmıştır: İkinci bölümde, ilgili literatür özeti incelenmektedir. Üçüncü bölümde, kullanılan ekonometrik metodoloji açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, veri seti tanıtılmakta ve yapılan ön testlerin sonuçları sunulmaktadır. Beşinci bölümde, dalgacık tutarlılığı analizinin ampirik bulguları değerlendirilmektedir. Son bölümde ise, çalışmanın bulguları özetlenmekte ve bu sonuçlar üzerine bir tartışma yapılmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Nispeten yeni bir finansal enstrüman olan yeşil tahviller, özellikle Avrupa Birliği'nin "Yeşil Mutabakat" girişimi ve gelişmiş ile gelişmekte olan ülkelerin çevre dostu projelere yönelik desteklerinin artmasıyla birlikte literatürde hızla önem kazanmaya başlamıştır. Yeşil tahvillere ilişkin ilk çalışmalar daha çok klasik tahvillerle olan farklılıkları ortaya koyan teorik değerlendirmeler şeklinde ele alınmıştır. Ancak, zamanla yeşil tahvil ihracının ivme kazanması ve bu tahvillere yönelik özel endekslerin borsalarda işlem görmeye başlaması, araştırmalara ampirik ve nicel bir boyut kazandırmıştır. Böylece, literatürde yeşil tahvillerin piyasa performansı, risk özellikleri ve yatırımcılar açısından sağladığı potansiyel avantajlar derinlemesine analiz edilmeye başlanmıştır.

Literatürün ilk kolu, yeşil tahviller ile geleneksel tahvillerin karşılaştırılmasına odaklanmaktadır. Kanamura (2020), yeşil tahvillerin konvansiyonel tahvillere göre daha iyi performans gösterdiğini, ancak bu üstünlüğün zamanla azaldığını ortaya koymuştur. Naeem vd. (2021) ise genel anlamda konvansiyonel tahvillerin daha yüksek performans sergilediğini, fakat Covid-19 döneminde yeşil tahvillerin görece daha yüksek verimlilik sağladığını belirtmişlerdir. Buna karşın Mohammed vd. (2024), Rusya-Ukrayna savaşı ve faiz artışları gibi küresel şoklar karşısında yeşil tahvillerin geleneksel tahvillerden daha fazla olumsuz etkilendiğini bulgulamışlardır. Dong vd. (2023), küresel ölçekte yürüttükleri çalışmalarında jeopolitik risk (GPR), ekonomik politika belirsizliği (EPU) ve iklim belirsizlik endekslerinin (CPU) tahvil piyasaları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlarda, GPR yüksek olduğunda hem yeşil hem de geleneksel tahvillerin güvenli liman işlevi gördüğünü, ancak EPU ve CPU seviyelerinin yükseldiği dönemlerde yeşil tahvillerin geleneksel tahvillere göre daha güçlü bir güvenli liman özelliği taşıdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, yeşil tahvillerin çeşitlendirilmiş portföylere dâhil edilmesinin, özellikle yüksek karbon ayak izine sahip varlıklar için en etkili korunma stratejisi sunduğunu vurgulamışlardır. Sheenan (2023) ise MS-VAR yöntemi ile küresel jeopolitik risk endeksi, yeşil tahvil ve geleneksel tahviller arasındaki bağlantıları araştırmıştır. Bulgularda, jeopolitik riskin yüksek oynaklık dönemlerinde yeşil tahvilleri anlamlı ölçüde etkilediğini, buna karşın geleneksel tahvil piyasaları üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Ayrıca, yeşil tahvil piyasalarının egemen ve kurumsal tahvillerden etkilendiği, özellikle yüksek oynaklık dönemlerinde kurumsal tahvillerin etkisinin daha baskın olduğu ifade edilmiştir. Hao ve Zhou (2025), Çin piyasasına yönelik analizlerinde yeşil tahvillerin yatırımcılar tarafından geleneksel tahvillere kıyasla daha fazla tercih edildiğini, bu durumun ihraççılar açısından daha ucuz ve verimli sermaye artırma imkânı sunduğunu ortaya koymuşlardır.

Yeşil tahviller ile hisse senedi piyasaları arasındaki ilişkileri ele alan çalışmalar, literatürde ikinci bir araştırma eksenini oluşturmaktadır. Reboredo (2018), 2014-2017 yılları arasında MSCI, S&P Dow Jones, Solactive ve Bank of America Merrill Lynch Yeşil Tahvil Endekslerini kullanarak yaptığı analizde, yeşil

tahvillerin sabit getirili varlıklardan çok, küresel finansal piyasalarda ortaya çıkan şoklardan etkilendiğini göstermiştir. Bu araştırmayı takip eden Reboredo ve Ugolini (2020), kapsamı 2019 yılına kadar genişleterek yaptıkları incelemede, yeşil tahviller ile hisse senedi piyasaları arasında yalnızca zayıf düzeyde bir bağlantı bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Çin örneğine odaklanan Gao vd. (2021), 2016-2020 dönemi için yaptıkları çalışmada, yeşil tahvil piyasalarından hisse senedi piyasalarına doğru tek yönlü bir volatilité yayılımı olduğunu saptamışlardır. Bunun yanında, Laborda ve Sanchez-Guerra (2021), yeşil tahvil ihraç duyurularının hisse senedi getirileri üzerinde olumlu bir etki oluşturduğunu, yatırımcı güvenini artırarak piyasaları desteklediğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Wang vd. (2020) de Çin'de yürüttükleri analizlerde, yeşil tahvil ihraçlarının hisse senedi piyasaları açısından pozitif fiyatlamalara yol açtığını bulmuşlardır.

Yeşil tahvillerin giderek yaygınlaşmasıyla birlikte, özellikle 2020 sonrasında bu tahviller ile yeşil hisse senedi piyasaları arasındaki ilişkiler literatürde yoğun biçimde ele alınmaya başlanmıştır. Yeşil tahvillerden elde edilen fonların çevre dostu projelerin finansmanında kullanılması, bu piyasaya daha fazla sermaye girişini teşvik etmektedir. Bu durum, yeşil tahvil ihraç eden şirketlerin üretim ölçeklerini genişletmesine ve dolayısıyla yeşil hisse senetlerinin değer kazanmasına katkı sağlayabileceği yönünde yorumlanmaktadır (Pham, 2021). Üçüncü grup çalışmalar bu bağlamda yeşil varlıklar arasındaki bağlantıları incelemektedir. Liu ve Liu (2020), 2010-2020 dönemine ait verilerle yürüttükleri analizlerde, yeşil tahviller ile temiz enerji piyasaları arasında zamanla değişen pozitif kuyruk bağımlılıklar bulunduğunu belirtmişlerdir. Benzer bir şekilde Reboredo vd. (2022), Çin, ABD ve Avrupa örnekleri üzerinde yaptıkları çalışmada, yeşil tahviller ile düşük karbonlu hisse senetlerinin çoğu durumda ters yönde veya birbirinden bağımsız hareket ettiği sonucuna ulaşmışlardır. Tiwari vd. (2023), 2008-2020 dönemini kapsayan araştırmalarında, yeşil tahviller ile yeşil hisse senetleri arasındaki bağımlılığın genel olarak zayıf olduğunu; ancak kısa ve orta vadeli dinamiklerde, özellikle piyasa düşüş dönemlerinde bu bağımlılığın arttığını bulmuşlardır. Su vd. (2023) ise Çin piyasasına odaklanarak yaptıkları çalışmalarında, yeşil tahvil ve yeşil hisse senedi piyasalarının normal dönemlere kıyasla aşırı piyasa koşullarında daha güçlü bağlantılar sergilediğini, ayrıca bu ilişkinin sektörler arasında farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Özellikle su arıtma ve atmosfer koruma sektörlerinde, yeşil hisse senetleri ile yeşil tahvil piyasalarının birlikte yükseldiği gözlemlenmiştir.

Son gruptaki çalışmalar ise yeşil tahviller ile farklı varlık sınıfları arasındaki etkileşimleri ve çeşitlendirme olanaklarını ele almaktadır. Nguyen vd. (2021), yeşil tahvillerin hisse senetleri ve emtialarla düşük ya da negatif korelasyon sergilediğini belirleyerek, yatırımcılar açısından güçlü bir çeşitlendirme avantajı sunduğunu ortaya koymuşlardır. Le vd. (2021), yeşil tahviller, Fintech'ler ve kripto para piyasaları arasında yüksek düzeyde bağlantı bulunduğunu; ayrıca kısa vadede oynaklık iletiminin uzun vadeye kıyasla daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Arif vd. (2022), yeşil tahvillerin farklı varlık ve emtia grupları için çeşitlendirici ve güvenli liman aracı olarak işlev görebileceğini ileri sürmüşlerdir. Ejaz vd. (2022) ise yeşil tahvillerin korunma özelliklerini incelemişler ve bu amaçla etkili araçların sırasıyla İslami tahviller ve petrol piyasaları olduğunu, bunları konvansiyonel tahviller, hisse senetleri ve İslami hisse senetlerinin izlediğini bulmuşlardır. Yadav vd. (2023), yeşil tahvil piyasasının kripto piyasasına karşı kısa vadede düşük düzeyde bir şok aktarıcısı, orta ve uzun vadede ise güçlü bir net şok aktarıcısı olduğunu belirtmişlerdir. Zhao ve Park (2024), yeşil tahviller ile geleneksel piyasalar arasındaki şok yayılımını incelemişler ve aşırı piyasa koşullarında yeşil tahvillerin kısa vadede diğer piyasalara güçlü şoklar aktardığını, uzun vadede ise net şok alıcısına dönüştüğünü bulmuşlardır. Yousaf vd. (2024), ham petrol ile yeşil tahvil piyasası arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve kısa ile uzun vadede bu ilişkinin genellikle zayıf olduğunu saptamışlardır. Acikgöz vd. (2024) de yeşil tahvillerin emtia piyasaları için çeşitlendirme imkânı sunduğunu göstermişlerdir. Karim vd. (2024) ise yeşil tahviller finansal piyasalar için çeşitlendirme fırsatları sunduğunu belirtmişlerdir. Gök vd. (2025), yeşil tahvillerin küresel finansal piyasalarla hem şok iletici hem de şok alıcı özellikler sergilediğini; aynı zamanda gecikmeli güvenli liman özelliğiyle yatırımcılar için farklı piyasa koşullarında stratejik bir koruma işlevi gördüğünü ifade etmişlerdir. Mezghani vd. (2025), ABD ve Çin örneklerinde yeşil tahvillerin borsa, altın ve petrol piyasalarıyla olan ilişkilerini analiz etmişler ve bu tahvillerin tüm zaman ufuklarında şokların net alıcısı konumunda olduğunu göstermişlerdir. Kriz dönemlerinde ise yeşil

tahvillerin, özellikle ABD ve Çin borsasıyla güçlü bağlantılar sergileyerek finansal ağın merkezinde yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca altının yalnızca uzun vadede sınırlı bir çeşitlendirme avantajı sunduğu, Brent petrolünün ise beklenen çeşitlendirme faydasını sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır.

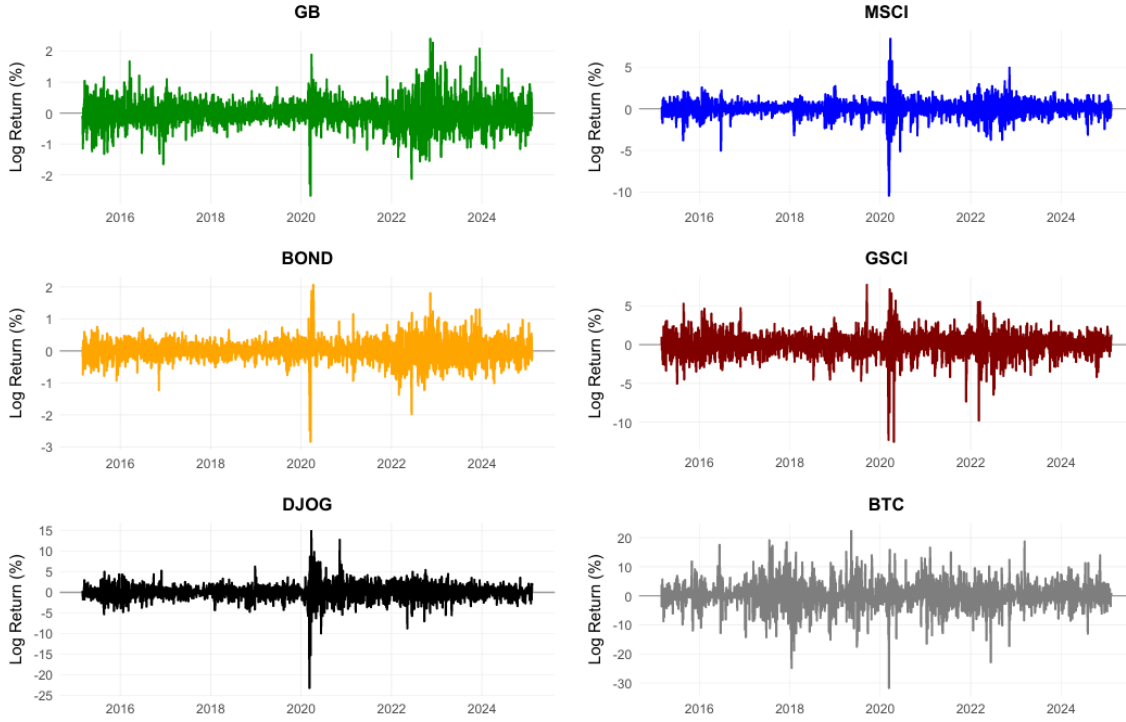
Dolayısıyla son yıllarda literatür, yeşil tahvil piyasasını daha derinlemesine incelemeye başlamış ve bu tahvillerin farklı piyasalardaki rolüne yönelik araştırmalar giderek artmıştır. Geleneksel tahvil ve hisse senedi piyasaları, yeşil finans piyasaları, emtia piyasaları ve diğer finansal piyasalarla olan ilişkiler farklı boyutlarda analiz edilmeye başlanmıştır. Ancak yine de yeşil tahvillerin farklı piyasa türleriyle olan bağlantılarını ele alan çalışmaların sayısı hâlen sınırlıdır. Özellikle bu ilişkilerin farklı frekanslarda ve zaman ufuklarında nasıl şekillendiğini ortaya koyan araştırmaların azlığı dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, mevcut çalışmada dalgacık tutarlılığı yöntemi kullanılarak yeşil tahvillerin farklı finansal piyasalarla olan etkileşimlerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Elde edilecek bulguların, yatırımcılar açısından portföy çeşitlendirme stratejilerine katkı sağlaması ve politika yapımcılar için ise piyasa entegrasyonu ve risk aktarım mekanizmalarına dair önemli çıkarımlar sunması beklenmektedir.

3. VERİ SETİ

Bu çalışma, küresel yeşil tahvil endeksi ile farklı küresel finansal piyasalar arasındaki ilişkiyi dalgacık tutarlılığı analizi yöntemiyle incelemeyi amaçlamaktadır. Yeşil tahvil piyasasını temsilen küresel Solactive Yeşil Tahvil Endeksi kullanılmıştır. Solactive AG tarafından geliştirilen bu endeks, farklı coğrafi bölgelerde faaliyet gösteren kamu ve özel sektör ihraççıları tarafından piyasaya sürülen yeşil tahvilleri kapsayan geniş ve çeşitlendirilmiş yapısı sayesinde, küresel yeşil tahvil piyasasının genel dinamiklerini yansıtmada yüksek bir temsil gücüne sahiptir. Ayrıca endeks, yalnızca “yeşil” niteliği uluslararası standartlar çerçevesinde doğrulanan tahvilleri içermesi ve şeffaf seçim kriterlerine dayanması nedeniyle, sürdürülebilir finans literatüründe güvenilir bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Önceki çalışmalar, yeşil tahvil piyasalarının küresel finansal sistemle olan etkileşimlerini analiz ederken Solactive Yeşil Tahvil Endeksi’ni referans alarak, bu endeksin piyasa davranışlarını temsil etme kapasitesini ampirik olarak ortaya koymuştur (Reboredo, 2018; Kanamura, 2020; Martiradonna vd., 2023; Panwar vd., 2025). Finansal piyasalar açısından ise, yeşil tahvillerin literatürde farklı varlık sınıflarıyla olan etkileşimini ve portföy çeşitlendirme potansiyelini ortaya koymak amacıyla, küresel finansal sistemi temsil eden göstergeler tercih edilmiştir. Bu kapsamda, hisse senedi piyasası için MSCI World Index, geleneksel tahvil piyasası için S&P 500 Bond Index, emtia piyasası için S&P GSCI Index, yüksek karbon yoğunluklu (kirli) piyasalar için Dow Jones Oil & Gas Index ve alternatif finansal varlık sınıfını temsilen kripto piyasalar için Bitcoin kullanılmıştır. Söz konusu varlık sınıfları; iklim riskleri, enerji fiyat şokları, finansal belirsizlikler ve sürdürülebilirlik temelli dönüşüm süreçleri karşısında yeşil tahvil piyasalarıyla farklı etkileşim kanallarına sahip olmaları nedeniyle literatürde sıklıkla birlikte ele alınmakta ve yeşil tahvillerin çeşitlendirme, riskten korunma ve güvenli liman özelliklerinin analiz edilmesinde temel referans noktaları olarak kullanılmaktadır. Nitekim önceki çalışmalar, yeşil tahviller ile küresel hisse senedi piyasaları, geleneksel tahvil piyasaları, emtia piyasaları, fosil yakıt ağırlıklı endeksler ve kripto varlıklar arasındaki dinamik ilişkilere dikkat çekmekte; bu varlıklar arasındaki eş-hareketlilik, çeşitlendirme ve güvenli liman özelliklerini farklı yöntemlerle ortaya koymaktadır (Reboredo, 2018; Le vd., 2021; Nguyen vd., 2021; Ejaz vd., 2022; Yadav vd., 2023; Yousaf vd., 2024). Araştırmada kullanılan veriler, 02.03.2015/10.02.2025 dönemine ait günlük kapanış fiyatlarından oluşmaktadır ve toplamda 2480 gözlem içermektedir. Veriler Bloomberg, S&P Global ve Investing veri tabanlarından temin edilmiştir. Günlük fiyat serilerinin doğal logaritmaları $r = \ln(P_t / P_{t-1}) \times 100$ formülü ile getiri serisine dönüştürülüp analizlerde getiri serileri dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, veri setine ilişkin özet bilgiler Tablo 1’de, getirilerin zaman içindeki seyrini gösteren grafikler Şekil 2’de, tanımlayıcı istatistikler ise Tablo 2’de raporlanmaktadır.

Tablo 1. Serilere ilişkin açıklayıcı bilgiler.

Değişken	Gösterim	Dönem	Veri Kaynağı
Solactive Green Bond Index	GB		Bloomberg Terminal
MSCI World Index	MSCI		Bloomberg Terminal
S&P 500 Bond Index	BOND	02.03.2015 / 10.02.2025	S&P Global
S&P GSCI Index	GSCI		S&P Global
Dow Jones Oil & Gas Index	DJOG		Investing
Bitcoin	BTC		Investing

şekil 2. Getiri serilerinin grafikleri.

Getiri serileri incelendiğinde, tüm piyasalarda COVID-19 pandemisi ve Rusya-Ukrayna savaşı dönemlerinde belirgin oynaklık artışları gözlemlenmektedir. Bu durum, küresel ölçekte yaşanan jeopolitik ve ekonomik şokların finansal varlıklar üzerinde gcl etkiler yarattığını göstermektedir. Özellikle yeşil tahvil endeksi, 2022 sonrasında ortaya çıkan küresel enflasyonist baskılar, artış eğilimindeki faiz oranları ve ticaret savaşları gibi unsurların etkisiyle yüksek dalgalanma düzeyine ulaşmıştır. Benzer şekilde, geleneksel tahvil piyasasında da aynı dönemde dikkate değer bir oynaklık artışı gözlenmektedir. Diğer taraftan, Bitcoin piyasasında örneklem dönemi boyunca yüksek düzeyli dalgalanmalar süreklilik arz etmektedir. Buna karşılıklı, hisse senedi piyasası ile karbon yoğun enerji piyasalarında oynaklık düzeyleri görece daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu bulgular, varlık sınıflarının şoklara karşı duyarlılığında belirgin farklılıklar bulunduğunu ve piyasa dinamiklerinin heterojenlik taşıdığını ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Tanımlayıcı istatistikler.

	GB	MSCI	BOND	GSCI	DJOG	BTC
Mean	-0.0008	0.0312	0.0100	0.0130	0.0057	0.2370
Maximum	2.4000	8.4062	2.0596	7.6829	14.8709	22.3171
Minimum	-2.6685	-10.4412	-2.8436	-12.5228	-23.1793	-31.7282
Std. Dev.	0.4242	0.9693	0.3437	1.4275	1.9005	4.1528
Skewness	-0.0851	-1.0606	-0.6180	-0.8445	-0.9138	-0.2485
Kurtosis	6.4810	19.48106	10.3848	10.8218	19.1825	8.0066
Jarque-Bera	1255.1	28532.9	5793.2	6616.8	27405.4	2615.7
	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
Gözlem	2480	2480	2480	2480	2480	2480

Tablo 2’de sunulan tanımlayıcı istatistikler, çalışmada ele alınan tüm serilerin ortalama getirilerinin sıfıra oldukça yakın olmakla birlikte yeşil tahvil endeksi hariç pozitif olduğunu göstermektedir. En yüksek ortalama getiri yaklaşık %27 oranı ile Bitcoin piyasasında, en düşük ortalama ise % -0.08 oranıyla yeşil tahvil endeksinde görülmektedir. Maksimum ve minimum değerler dikkate alındığında, Bitcoin, emtia piyasaları (GSCI) ve karbon yoğun enerji piyasalarının (DJOG) aşırı dalgalanmalara maruz kaldığı, buna karşılık yeşil ve geleneksel tahvil piyasalarının daha dar bir bantta hareket ettiği anlaşılmaktadır. Standart sapma değerleri de bu sonucu desteklemekte olup, en düşük volatilité geleneksel tahvil piyasasında, en yüksek volatilité ise Bitcoin’de gözlenmektedir. Çarpıklık değerlerinin negatif olması, tüm serilerde aşırı kayıpların aşırı kazançlara kıyasla daha olası olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, basıklık değerlerinin 3’ün oldukça üzerinde seyretmesi, tüm serilerin leptokurtik bir dağılıma sahip olduğunu ve kuyruk risklerinin belirgin olduğunu göstermektedir. Jarque-Bera test sonuçları ise tüm serilerin normal dağılım varsayımından önemli ölçüde saptığını işaret etmektedir. Dolayısıyla, seriler yüksek frekanslı verilerin doğasına uygun biçimde asimetrik yapılar, kuyruk riskleri ve kriz dönemlerinde yoğunlaşan aşırı oynaklıklar sergilemektedir.

4. EKONOMETRİK METODOLOJİ

Zaman serilerinin incelenmesinde kullanılan yöntemlerin önemli bir kısmı, ilişkileri yalnızca tek boyutlu bir bakış açısıyla değerlendirmektedir. Oysa finansal ve ekonomik veriler, doğaları gereği hem dönemsel dalgalanmalara hem de uzun vadeli eğilimlere sahiptir. Bu durum, klasik analiz tekniklerinin sunduğu sonuçların sınırlı kalmasına yol açmakta ve seriler arasındaki bağımlılıkların farklı zaman ufuklarında nasıl değiştiğini görebilmek için daha esnek yaklaşımları zorunlu kılmaktadır. Bu gereklilikten hareketle tercih edilen dalgacık tutarlılığı (wavelet coherence) analizi, zaman ve frekans boyutlarını birlikte ele alabilmesi bakımından öne çıkmaktadır (Torrence ve Compo, 1998). Ayrıca, dalgacık tutarlılığı analizinin en belirgin avantajlarından biri klasik Fourier dönüşümüne kıyasla sunduğu esnekliktir. Fourier dönüşümü, bir sinyali sabit frekans bileşenlerine ayırırken, dalgacık dönüşümü ise bu frekans bileşenlerini belirli bir zaman dilimi boyunca analiz etme imkânı tanımaktadır. Bu farkta, dalgacık analizinin, serilerin farklı dönemlerde değişen dinamiklerini yakalama konusunda üstün bir performans sergilemesine olanak sağlamaktadır. Bu yöntemin öne çıkan yönlerinden bir diğeri ise serilerin durağan olup olmamasına bakılmaksızın uygulanabilmesidir. Dolayısıyla, dalgacık tutarlılığı, güncel ampirik araştırmalarda (Liu & Liu, 2020; Almaskati, 2022; Kılıç vd., 2022; Adebayo vd., 2023; Haq vd., 2023; Kazak vd., 2024; Aydoğdu & Uyar, 2025) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Rua ve Nunes (2009) ve Kristoufek (2015) çalışmalarını takip ederek incelenen seri X_t için sürekli dalgacık dönüşümü şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$W_x(\tau, s) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \widehat{\psi}_{\tau, s}^*(t) dt \quad (1)$$

Burada τ parametresi, dalgacığın zaman içerisindeki konumunu kontrol eden bir çeviri parametresidir. s , parametresi ise, dalgacığın uzunluğunu kontrol eden ölçekleme faktörüdür. $\widehat{\psi}_{\tau, s}^*(t)$ ifadesi, dalgacığın karmaşık eşlenik fonksiyonunu temsil eder. Ayrıca, $\psi_{\tau, s}^*(t)$ ve $\widehat{\psi}$ ifadesi, ana dalgacık olan ψ' 'nin ölçeklendirilmesi ve kaydırılması yoluyla elde edilen bir versiyonudur. Bu eşlenik, şu şekilde gösterilmektedir:

$$\widehat{\psi}_{\tau, s}^*(t) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right), s, \tau \in \mathbb{R}, s \neq 0 \quad (2)$$

Goupillaud, vd. (1984) tarafından tanımlanan karmaşık dalgacık ailesi, çok değişkenli analizler için oldukça zengin bir yöntemsel çerçeve sağlamaktadır. Çalışmada ise söz konusu dalgacık ailesi içerisinde zaman-frekans yerelleştirmesi arasında başarılı bir denge kurması nedeniyle Morlet dalgacığı kullanılmıştır (Grinsted vd., 2004). Vacha ve Barunik (2012), Aloui ve Hkiri (2014), çalışmalarını referans olarak iki zaman serisi olan $x(t)$ ve $y(t)$ verildiğinde, sürekli dalgacık dönüşümünü çapraz dalgacık dönüşümüne dönüştürme süreci aşağıdaki gibi gerçekleştirilmektedir:

$$W_{xy}(\tau, s) = W_x(\tau, s)W_y^*(\tau, s) \quad (3)$$

Denklem 3'deki çapraz dalgacık dönüşümüne dayanarak, Torrence ve Webster (1999) tarafından önerilen yaklaşım doğrultusunda, iki zaman serisi $x(t)$ ve $y(t)$ arasındaki kare dalgacık tutarlılığı ise aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$R^2(\tau, s) = \frac{|S(s^{-1}W_{xy}(\tau, s))|^2}{S(s^{-1}|W_x(\tau, s)|^2)S(s^{-1}|W_y(\tau, s)|^2)} \quad (4)$$

Burada S parametresi zaman ve ölçek açısından bir düzeltme operatörü olarak işlev görmektedir ve $0 \leq R^2(\tau, s) \leq 1$ aralığında değerler alarak bu ilişkileri anlamlandırmaktadır. Eğer bu değer 1'e yakınsa, $x(t)$ ve $y(t)$ zaman değişkenleri arasında güçlü korelasyonun kanıtını sağlar ve aşağıdaki çalışmanın sonuçlarındaki şekillerde görüleceği üzere kırmızı renkle gösterilen ve siyah bir çizgiyle çevrili belirli bir ölçekle ilişkili olduğunu gösterir. Buna karşın, bu değer 0'a yakınsa, $x(t)$ ve $y(t)$ zaman değişkenleri arasında zayıf bir korelasyon olduğunu gösterir ve yine bu aşağıdaki haritalarda görüldüğü gibi mavi renkle gösterilir (Kırıkkaleli & Özün, 2019).

Ayrıca, Dalgacık tutarlılığının incelenmesinde teorik dağılımın bilinmemesi nedeniyle, istatistiksel anlamlılık düzeyini Monte Carlo yöntemlerine dayalı olarak tahmin edilmiştir. Bu yöntem, elde edilen sonuçların güvenilirliğini artırmakta ve korelasyon analizine önemli katkılarda bulunmaktadır (Grinsted vd., 2004).

Ancak, dalgacık kareli tutarlılığın grafiksel sunumu, zaman-frekans uzayındaki zaman serileri arasındaki eş-hareketin alanlarını ortaya koyma kapasitesine sahip olsa da bu sunum pozitif ve negatif korelasyonlar arasında kesin bir ayırım yapmamıza olanak tanımamaktadır. Bu noktada, pozitif ve negatif eş hareketlerin yanı sıra zaman serileri arasındaki nedensel ilişkilerin daha derinlemesine incelenebilmesi için, (Torrence & Compo, 1998) tarafından önerilen faz farkı metodolojisini kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, incelenen iki zaman serisi arasındaki hakkında bize ayrıntılar gösteren dalgacık tutarlılığı faz farkı aşağıdaki gibi belirlenir:

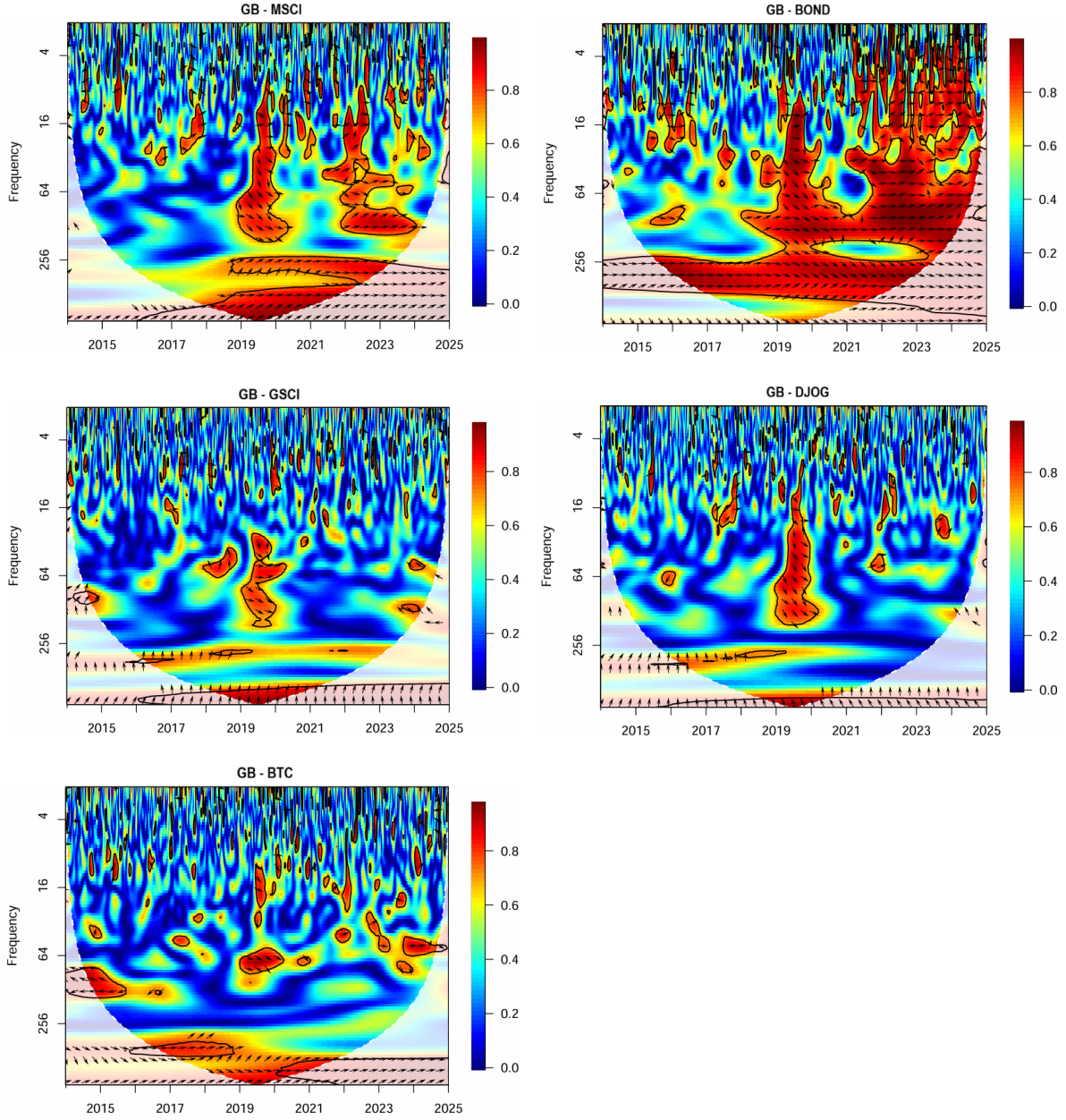
$$\varphi_{xy}(u, s) = \tan^{-1} \left(\frac{\Im\{S(s^{-1}W_{xy}(\tau, s))\}}{\Re\{S(s^{-1}W_{xy}(\tau, s))\}} \right) \quad (5)$$

Denklem 5’de verilen ζ ve \mathfrak{X} sırasıyla yumuşatılmış çapraz dalgacık dönüşümünün hayali ve gerçek kısmıdır. Bu bileşenler aracılığıyla elde edilen faz bilgisi, dalgacık tutarlılığı grafiklerinde okların yönüyle gösterilmekte ve iki serinin birbirine göre konumunu açıklamaktadır. Faz farkının sıfır olması, serilerin eşzamanlı hareket ettiğini, yani aynı anda artış ya da azalış gösterdiklerini ifade etmektedir. Okların yönü ise ilişkinin niteliği hakkında ek bilgi sunmaktadır. Sağa yönelik oklar, zaman serilerinin faz uyumlu olduğunu ve birbirine paralel hareket ettiğini gösterir, yani aralarında pozitif bir korelasyon vardır. Sola yönelik oklar ise serilerin faz uyumsuz olduğunu ve zıt yönlerde hareket ettiğini, dolayısıyla negatif bir korelasyon olduğunu ifade eder. Yukarı yönlü oklar, ilk serinin ikinci seri üzerinde öncü rol üstlendiğine, yani birinci serideki değişimlerin ikinci seride gecikmeli olarak takip edildiğine işaret etmektedir. Buna karşılık aşağı yönlü oklar, ikinci serinin birinci seri karşısında öncü konumda bulunduğunu ve ilk serinin, ikinci serideki hareketleri izlediğini ortaya koymaktadır (Aguiar-Conraria & Soares, 2011; Vacha & Barunik, 2012; Funashima, 2017; Aladağ, 2024).

5. AMPİRİK BULGULAR

Şekil 3 yeşil tahvil ve finansal piyasalar arasındaki bağımlılık ve öncü-gecikme etkilerini dalgacık tutarlılığı yöntemiyle inceleyerek elde ettiğimiz bulguları göstermektedir. Bulgulara geçmeden önce, dalgacık tutarlılığı grafiklerinin nasıl okunması gerektiğine dair bazı metodolojik açıklamalar yapmak önemli olacaktır. Grafiklerde yatay eksen zaman boyutunu, dikey eksen ise frekans bileşenlerini temsil etmektedir. Buna göre, 0-64 bandı kısa vadeyi (yaklaşık üç ay), 64-256 bandı orta vadeyi (yaklaşık bir yıl) ve 256-1024 bandı ise uzun vadeyi (yaklaşık dört yıl) ifade etmektedir. Renk skalası bağımlılık düzeyini göstermekte olup, kırmızı tonlar güçlü korelasyonu, mavi tonlar ise zayıf korelasyonu işaret etmektedir. Ayrıca, siyah kontur ile çevrili bölgeler, 1000 örneklem üzerinden gerçekleştirilen Monte Carlo simülasyonu sonucunda %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunan alanları göstermektedir.

Grafiklerde kullanılan ok yönleri, renk haritasının sunduğu bağımlılık yoğunluğunu tamamlayarak, değişkenler arasındaki ortak hareketin niteliğini ve hangi değişkenin öncü konumda bulunduğunu belirtmektedir. Sağa dönük oklar (\rightarrow) değişkenlerin aynı fazda olduğunu, yani pozitif bir korelasyon bulunduğunu göstermektedir. Bu durumda, iki değişken birlikte hareket eder; biri yükselirken diğeri de yükselir ya da her ikisi birden düşer. Sola dönük oklar (\leftarrow) ise faz dışı bir ilişkiyi, yani negatif bir korelasyonu ifade etmektedir. Bu durumda bir değişken yükselirken diğeri düşer. Karma kombinasyonlarda, sağ yukarı ok (\nearrow) birinci değişkenin önde olduğu ve iki değişkenin pozitif ilişkide bulunduğu, sağ aşağı ok (\searrow) ikinci değişkenin önde olduğu ve yine pozitif bir ilişki içinde oldukları anlamına gelmektedir. Buna karşılık, sol yukarı ok (\nwarrow) ikinci değişkenin önde olduğu, ancak iki değişkenin negatif bir ilişkide bulunduğu, sol aşağı ok (\swarrow) ise birinci değişkenin önde olduğu ve negatif bir ilişki içinde oldukları durumu ifade etmektedir. Dolayısıyla, bu okların yönü ve konumu, değişkenler arasındaki eşgüdümlü hareketlerin niteliğini ve nedensel sıralamasını görsel olarak değerlendirmeye imkân tanımaktadır (Rösch & Schmidbauer, 2018).

Şekil 3. Yeşil tahvil ve finansal piyasalar arasındaki dalgacık tutarlılığı analizi sonuçları.

Şekil 3’de raporlanan dalgacık tutarlılığı bulguları incelendiğinde, yeşil tahvil (GB) ile hisse senedi piyasaları getirileri (MSCI) arasındaki ilişkinin özellikle 2019-2022 döneminde yođunlaŐtıđı ve güçlü bağları temsil eden kırmızı tonlarla ne çıktığı görülmektedir. Bu dönemde farklı zaman ufuklarında değişen ancak süreklilik arz eden ilişkiler dikkat çekmektedir. Covid-19 pandemisinin etkili olduğu 2020 yılında kısa vadede okların sağa ve aŐađıya yönelmesi, iki piyasa arasında pozitif bir eŐgüdümün bulunduğunu ve MSCI endeksinin nc konumda olduğunu göstermektedir. Orta vadede bu yönelimin sürmesi, ilişkinin istikrarlı Şekilde devam ettiğini ortaya koymaktadır. Buna karşılık, uzun vadeye geçildiğinde yönelimlerin deđiŐmeye baŐladıđı ve okların sağa yukarıya kaydığı görülmektedir. Bu durum, baŐlangıçta hisse senedi piyasalarının nc rol üstlendiğini, ancak daha sonraki aŐamalarda yeşil tahvil endeksinin nc pozisyonuna geçtiğini işaret etmektedir. Ayrıca, uzun vadede sağa yukarı yönelen okların zamanla doğrudan sağa dönmesi, iki piyasanın senkronize hareket ederek pozitif korelasyonun kalıcı hle geldiğini göstermekte, 2022 sonrasında da bu bağın orta ve uzun vadede güçlenerek 2024’e kadar sürdüğü anlaşılmaktadır. Yeşil tahvil ile geleneksel tahvil (BOND) getirileri arasındaki bağlantılar değerlendirildiğinde, tüm zaman aralıklarında güçlü ilişkilerin varlığı ne

çıkılmaktadır. 2015-2018 döneminde bu ilişkiler özellikle uzun vadede yoğunlaşmakta ve doğrudan sağa yönelen oklar, piyasaların aynı doğrultuda hareket ettiğini ortaya koymaktadır. 2019 sonrası dönemde ise bu uyum yalnızca uzun vadeyle sınırlı kalmayıp kısa ve orta vadelerde de belirginleşmiştir. Özellikle Covid-19 salgını ve Rusya-Ukrayna savaşı sırasında bu pozitif ilişkilerin daha da arttığı gözlemlenmektedir. Öte yandan yeşil tahvil ile emtia piyasaları (GSCI) arasındaki ilişkiler genel olarak genel olarak zayıf ve önemsiz görünmekle birlikte, Covid-19 sürecinde kısa ve orta vadede sağa aşağı yönelen okların varlığı, iki piyasa arasında pozitif korelasyon bulunduğunu ve GSCI endeksinin öncülük rolü üstlendiğini göstermektedir. Benzer şekilde, karbon yoğun enerji piyasaları (DJOG) ile yeşil tahviller arasındaki ilişkilerin de esasen 2020 yılı pandemi döneminde ortaya çıktığı, kısa ve orta vadede DJOG endeksinin pozitif yönde öncülük yaptığı görülmektedir. Kripto para piyasaları (BTC) ile yeşil tahviller arasındaki ilişkilere bakıldığında ise genel olarak zayıf ve süresiz bağlantılar dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, 2017-2019 yılları arasında uzun vadede küçük siyah konturlarla çevrili bölgelerde sağa yönelen oklar, her iki piyasanın senkronize ve pozitif yönde hareket ettiğini göstermektedir. Ayrıca, Covid-19 döneminde orta vadede sınırlı bir şekilde sağa aşağı yönelen okların ortaya çıkması, BTC getirilerinin yeşil tahviller karşısında öncü rol üstlendiğini işaret etmektedir. Ancak bu etkilerin geçici nitelikte olduğu ve uzun dönemli kalıcı bir bağ oluşturmadığı söylenebilir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, yeşil tahvil piyasaları ile geleneksel finansal piyasalar arasında farklı dönemlerde ve çeşitli zaman ufuklarında pozitif yönde eş hareketlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu piyasaların belirli koşullarda birlikte artış ya da azalış sergilediğini ve dolayısıyla yatırımcıların benzer dinamiklerle karşı karşıya kalacağını ortaya koymaktadır. Özellikle Covid-19 pandemisi ve Rusya-Ukrayna savaşı gibi küresel kriz dönemlerinde bu ilişkilerin daha da güçlenmesi, finansal piyasalarda belirsizlik ve şokların arttığı dönemlerde yeşil tahvillerin piyasa hareketlerine daha duyarlı hale geldiğini göstermektedir. Bununla birlikte, öncülük ilişkilerinde, çoğu zaman geleneksel finansal piyasaların yeşil tahvilin fiyat hareketlerini yönlendirdiğini, yani yeşil tahvil piyasasının tepkisel bir özellik taşıdığını ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, yeşil tahvil özellikle hisse senedi ve geleneksel tahvil piyasalarıyla daha güçlü ve kalıcı bağlar geliştirdiği, buna karşılık emtia piyasaları, karbon yoğun enerji endeksleri ve kripto para piyasalarıyla olan bağlantıların daha sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar literatürdeki yeşil tahviller ile kurumsal ve hazine tahvilleri arasında etkin bir çeşitlendirme imkânının bulunmadığını ortaya koyan Reboredo (2018) ile yeşil tahvillerin kripto para piyasalarıyla çeşitlendirme potansiyeli sunduğunu ileri süren Yadav vd. (2023) tarafından yapılan çalışmalarla benzerlik taşımaktadır. Buna karşılık, yeşil tahvillerin finansal piyasalarla belirli koşullarda çeşitlendirme olanakları sunduğunu vurgulayan Arif vd. (2022), Yousaf vd. (2024) ve Karim vd. (2024) tarafından yapılan araştırmalarla ise kısmi benzerlikler söz konusudur.

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

Son yıllarda iklim değişikliğiyle mücadele, enerji dönüşümü ve sürdürülebilir yatırımların ön plana çıkmasıyla birlikte yeşil finansal araçlara olan ilgi küresel ölçekte hızla artmıştır. Bu bağlamda küresel ölçekte iklim değişikliğiyle mücadele, enerji dönüşümü ve sürdürülebilir yatırımların teşvik edilmesi gibi hedefler, yeşil tahvilleri geleneksel finansal varlıklarla karşılaştırılabilir nitelikte önemli bir yatırım sınıfına dönüştürmüştür. Ancak yeşil tahvillerin diğer küresel piyasa segmentleriyle olan entegrasyonu, yatırımcı davranışları, portföy çeşitlendirme olanakları ve kriz dönemlerindeki risk aktarım mekanizmaları açısından derinlemesine incelenmeye muhtaçtır. Bu çalışma, söz konusu ihtiyaca cevap vermek amacıyla küresel yeşil tahvil piyasaları ile finansal piyasaları arasındaki bağlantıları incelemektedir. Analiz, 2 Mart 2015 ile 10 Şubat 2025 dönemini kapsamakta ve küresel finansal piyasalar; dünya hisse senedi endeksi, tahvil piyasaları, emtia endeksi, karbon yoğun enerji piyasaları ve kripto para piyasaları olmak üzere beş temel bileşen üzerinden tanımlanmaktadır. Yeşil tahviller ile bu piyasalar arasındaki ilişkiler hem zaman boyutunu hem de farklı frekans ufuklarını yakalayabilen dalgacık tutarlılığı yöntemi aracılığıyla değerlendirilmiştir. Böylece piyasalardaki kısa, orta ve uzun vadeli eş hareketlilikler ile özellikle kriz dönemlerinde ortaya çıkan bağlantılar ayrıntılı biçimde ortaya konulmuştur.

Dalgacık tutarlılığı analizinden elde edilen bulgulara göre, ilk olarak, yeşil tahvil piyasaları ile hisse senedi piyasaları arasındaki ilişkiler dikkate alındığında, bulgular kriz dönemlerinde farklılaşan bir dinamik ortaya koymaktadır. Özellikle 2020’de Covid-19 salgınının küresel piyasalarda yarattığı belirsizlik ortamında, kısa ve orta vadede iki piyasa arasında pozitif ve güçlü bir eş hareketliliğin olduğu tespit edilmiştir. Bu süreçte hisse senedi getirileri yeşil tahvil getirilerine öncülük ettiği belirlenmiştir. Ancak uzun vadeye geçildiğinde yönelim tersine dönerek yeşil tahvil getirilerinin öncülük ettiği gözlenmiştir. Buna karşılık 2022-2024 döneminde hem kısa hem de uzun vadede hisse senedi piyasalarının yeniden lider konuma geçtiği görülmüştür. İkinci olarak, küresel geleneksel tahvil piyasaları ile yeşil tahvil piyasaları arasındaki bağlantılar incelendiğinde, örneklem döneminin tamamında ve tüm zaman ufuklarında pozitif korelasyonun varlığı söz konusudur. Bu durum, her iki piyasanın aynı yönde hareket etme eğiliminde olduğunu göstermekte olup, özellikle Covid-19 pandemisi ve Rusya-Ukrayna savaşı dönemlerinde söz konusu ilişkinin daha da güçlendiği belirlenmiştir. Üçüncü olarak, emtia piyasaları ile yeşil tahviller arasındaki ilişkiler genel çerçevede zayıf bir görünüm sergilediği saptanmıştır. Bununla birlikte, pandemi döneminde kısa ve orta vadede anlamlı pozitif ilişkilerin belirlendiği görülmüştür. Bu dönemde emtia piyasasının yeşil tahvil getirilerine yön verdiği tespit edilmiştir. Dördüncü olarak, karbon yoğun enerji piyasaları ile yeşil tahvil piyasaları arasındaki ilişkilerin özellikle Covid-19 döneminde belirginleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu döneme ilişkin kısa ve orta vadeli frekanslarda karbon yoğun enerji piyasaları yönlendirici bir rol üstlendiğini ve yeşil tahvillerle pozitif bir eş hareketlilik sergilediği ortaya konulmuştur. Son olarak ise kripto para piyasaları ile yeşil tahvil piyasaları arasındaki ilişkinin büyük ölçüde zayıf ve istikrarsız bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Sadece belirli dönemlerde sınırlı pozitif korelasyonlar kaydedilmiş, ancak bu ilişkilerin uzun vadeli ve sürdürülebilir bir entegrasyona dönüşmediği tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgular, yeşil tahvil piyasalarının küresel finansal piyasalarla olan etkileşimlerinin farklı zamanlarda ve farklı frekans düzeylerinde pozitif yönlü bir ilişkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, finansal entegrasyonun doğrusal olmayan bir yapıya sahip olduğunu ve piyasa koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini göstermektedir. Özellikle kısa, orta ve uzun vadeli frekanslarda küresel finansal piyasaların çoğunlukla yeşil tahvil piyasalarına öncülük etmesi, yatırımcıların bu piyasaları izlerken geleneksel piyasalardaki gelişmeleri dikkate almasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Daha güçlü bağlantıların hisse senedi ve geleneksel tahvil piyasalarında görülmesi, özellikle kriz dönemlerinde bu bağların yoğunlaşması, yeşil tahvillerin yatırımcılar için tam anlamıyla bağımsız bir yatırım aracı olmaktan ziyade geleneksel piyasalara duyarlı bir araç olarak işlev gördüğünü işaret etmektedir. Buna karşılık, emtia ve karbon yoğun piyasalarda kriz dönemlerinde ortaya çıkan pozitif ilişkiler, şok dönemlerinde piyasa entegrasyonunun genişlediğini, risk aktarım mekanizmalarının güçlendiğini ve çeşitlendirme imkânlarının sınırlandığını göstermektedir. Kripto para piyasalarıyla olan ilişkilerin ise önemsiz ve süresiz kalması, yeşil tahvillerin bu tür alternatif varlıklarla entegrasyonunun sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu sonuçlar yatırımcılar ve politikacılar açısından önemli bir dizi çıkarım sunmaktadır. Öncelikle, portföy çeşitlendirmesi yaparken yeşil tahvillerin geleneksel tahvil ve hisse senedi piyasalarıyla güçlü bağlar sergilemesi, bu araçların kriz dönemlerinde ek bir korunma sağlamadığını göstermektedir. Dolayısıyla yatırımcıların riskten korunma amacıyla yeşil tahvillere yönelmeleri, özellikle küresel piyasalarda yüksek belirsizliklerin yaşandığı dönemlerde beklenen faydayı sağlamayabilir. Bunun yerine yatırımcıların, yeşil tahvilleri daha çok uzun vadeli sürdürülebilir yatırım hedefleri bağlamında değerlendirmeleri ve portföylerinde risk dağılımını sağlamak için emtia ya da karbon yoğun sektörlerden ziyade daha düşük korelasyonlu varlıklara yönelmeleri gerekmektedir. Ayrıca kripto para piyasalarıyla önemli bir ilişki tespit edilmemiş olması, yatırımcılar açısından bu varlık sınıflarının birbirini tamamlayıcı değil, birbirinden bağımsız araçlar olduğunu düşündürmektedir. Politika yapıcılar açısından ise bulgular, yeşil tahvil piyasalarının geleneksel finansal piyasalara olan duyarlılığının, bu piyasanın kriz dönemlerinde kırılabilirliğini artırabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla düzenleyici kurumların, yeşil tahvil piyasalarının istikrarını güçlendirmek için kriz dönemlerinde destekleyici politikalar geliştirmesi kritik öneme sahiptir. Özellikle likiditenin azalabileceği veya yatırımcı güveninin zayıflayabileceği dönemlerde, merkez bankaları ve mali otoriteler tarafından yeşil tahvil piyasalarına

yönelik teşvik edici mekanizmaların devreye sokulması, piyasa istikrarının korunmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, yeşil tahvil piyasalarının küresel entegrasyonunun güçlenmesi, uluslararası işbirliğinin artırılması gerektiğini de ortaya koymaktadır. Politika yapıcılarının bu bağlamda, yeşil tahvilleri yalnızca çevresel finansman aracı olarak değil, aynı zamanda küresel finansal istikrarın bir bileşeni olarak görmeleri ve düzenlemelerini bu doğrultuda şekillendirmeleri gerekmektedir.

Bu çalışmada yeşil tahvil piyasalarının küresel finansal piyasalarla etkileşimi dalgacık tutarlılığı analizi aracılığıyla ortaya konulmuştur. Gelecekte yapılacak araştırmalarda, söz konusu ilişkilerin farklı frekans tabanlı yöntemler kullanılarak test edilmesi metodolojik çeşitliliği artıracak ve sonuçların sağlamlığını değerlendirme imkânı sunacaktır. Ayrıca yeşil tahvillerin yalnızca hisse senedi, tahvil, emtia, enerji ve kripto piyasalarıyla değil, döviz piyasaları, gayrimenkul endeksleri ya da bölgesel finans araçları gibi farklı varlık sınıflarıyla da etkileşimlerinin analiz edilmesi literatüre yeni katkılar sağlayacaktır. Bunun yanında, ülke bazlı karşılaştırmaların yapılması ya da gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiler arasında farklılıkların ortaya konulması, piyasa entegrasyonunun heterojen yapısını anlamaya yönelik daha ayrıntılı kanıtlar sunacaktır.

Beyan ve Açıklamalar

1. Bu çalışmanın yazarları, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduklarını kabul etmektedirler.
2. Yazarları tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
3. Bu çalışma, intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir.

KAYNAKÇA

- Acikgöz, T., Gökten, S., & Soylu, A. B. (2024). Multifractal detrended cross-correlations between green bonds and commodity markets: An exploration of the complex connections between green finance and commodities from the econophysics perspective. *Fractal and Fractional*, 8(2), 117. <https://doi.org/10.3390/fractalfract8020117>
- Adebayo, T. S., Ağa, M., & Kartal, M. T. (2023). Analyzing the co-movement between CO₂ emissions and disaggregated nonrenewable and renewable energy consumption in BRICS: Evidence through the lens of wavelet coherence. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 38921–38938. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24707-w>
- Aguiar-Conraria, L., & Soares, M. J. (2011). Oil and the macroeconomy: Using wavelets to analyze old issues. *Empirical Economics*, 40, 645–655. <https://doi.org/10.1007/s00181-010-0371-x>
- Aladağ, E. (2024). The nexus between air pollution and the COVID-19 pandemic in Turkey: Further insights from wavelet coherence analysis. *Aerosol Science and Engineering* 8, 108–119. <https://doi.org/10.1007/s41810-023-00209-1>
- Almaskati, N. (2022). Oil and GCC foreign exchange forward markets: A wavelet analysis. *Borsa İstanbul Review*, 22(5), 1039–1044. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2022.06.008>
- Aloui, C., & Hkiri, B. (2014). Co-movements of GCC emerging stock markets: New evidence from wavelet coherence analysis. *Economic Modelling*, 36, 421–431. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.09.043>
- Arif, M., Naeem, M. A., Farid, S., Nepal, R., & Jamasb, T. (2022). Diversifier or more? Hedge and safe haven properties of green bonds during COVID-19. *Energy Policy*, 168, 113102. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113102>
- Aydoğdu, A., & Uyar, U. (2025). Enerji ve kıymetli metal piyasaları arasında yayılım etkisi: Wavelet uyum analizine dayalı DCC-GARCH yaklaşımı. *Sosyoekonomi*, 33(64), 557–585. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2025.02.24>
- Dong, X., Xiong, Y., Nie, S., & Yoon, S. M. (2023). Can bonds hedge stock market risks? Green bonds vs. conventional bonds. *Finance Research Letters*, 52, 103367. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103367>

- Ejaz, R., Ashraf, S., Hassan, A., & Gupta, A. (2022). An empirical investigation of market risk, dependence structure, and portfolio management between green bonds and international financial markets. *Journal of Cleaner Production*, 365, 132666. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132666>
- Funashima, Y. (2017). Time-varying leads and lags across frequencies using a continuous wavelet transform approach. *Economic Modelling*, 60, 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.08.024>
- Gao, Y., Li, Y., & Wang, Y. (2021). Risk spillover and network connectedness analysis of China's green bond and financial markets: Evidence from financial events of 2015–2020. *The North American Journal of Economics and Finance*, 57, 101386. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101386>
- Goupillaud, P., Grossmann, A., & Morlet, J. (1984). Cycle-octave and related transforms in seismic signal analysis. *Geoexploration*, 23(1), 85–102. [https://doi.org/10.1016/0016-7142\(84\)90025-5](https://doi.org/10.1016/0016-7142(84)90025-5)
- Gök, R., Şenol, Z., Durgun, B., & Bouri, E. (2025). Green bonds and financial markets: Interdependence across different market situations. *Journal of Environmental Management*, 373, 123408. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123408>
- Grinsted, A., Moore, J. C., & Jevrejeva, S. (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11, 561–566. <https://doi.org/10.5194/npg-11-561-2004>
- Hammoudeh, S., Ajmi, A. N., & Mokni, K. (2020). Relationship between green bonds and financial and environmental variables: A novel time-varying causality. *Energy Economics*, 92, 104941. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104941>
- Hao, Y., & Zhou, Y. (2025). Green bond issuance premium effect and investor incentive effect. *Finance Research Letters*, 108042. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.108042>
- Haq, I. U., Maneengam, A., Chupradit, S., & Huo, C. (2023). Are green bonds and sustainable cryptocurrencies truly sustainable? Evidence from a wavelet coherence analysis. *Economic Research - Ekonomika Istraživanja*, 36(1), 807–826. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2080739>
- He, X., & Shi, J. (2023). The effect of air pollution on Chinese green bond market: The mediation role of public concern. *Journal of Environmental Management*, 325(Part B), 116522. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116522>
- He, X., Xu, Z., & Shi, J. (2024). Air pollution levels enhance green bond investment: Green preference and environmental perception thresholds. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/09640568.2024.2342347>
- Jiang, Y., Wang, J., Ao, Z., & Wang, Y. (2022). The relationship between green bonds and conventional financial markets: Evidence from quantile-on-quantile and quantile coherence approaches. *Economic Modelling*, 116, 106038. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2022.106038>
- Kanamura, T. (2020). Are green bonds environmentally friendly and good performing assets? *Energy Economics*, 88, 104767. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104767>
- Karim, S., Lucey, B. M., Naeem, M. A., & Yarovaya, L. (2024). Extreme risk dependence between green bonds and financial markets. *European Financial Management*, 30(2), 935–960. <https://doi.org/10.1111/eufm.12458>
- Kazak, H., Saiti, B., Kılıç, C., Akcan, A. T., & Karataş, A. R. (2024). Impact of global risk factors on the Islamic stock market: New evidence from wavelet analysis. *Computational Economics*. <https://doi.org/10.1007/s10614-024-10665-7>
- Kılıç, Y., Destek, M. A., Çevik, E. I., Bugan, M. F., Korkmaz, O., & Dibooglu, S. (2022). Return and risk spillovers between the ESG global index and stock markets: Evidence from time and frequency analysis. *Borsa İstanbul Review*, 22(S2), 141–156. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2022.11.015>

- Kristoufek, L. (2015). What are the main drivers of the Bitcoin price? Evidence from wavelet coherence analysis. *PLoS ONE*, 10(4), e0123923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123923>
- Kırıkkaleli, D., & Özün, A. (2019). Co-movement of political risk and sovereign credit risk: A wavelet coherence analysis for Argentina, Brazil, and Venezuela. *Social Science Quarterly*, 100, 2094–2114. <https://doi.org/10.1111/ssqu.12709>
- Laborda, J., & Sanchez-Guerra, A. (2021). Green bond finance in Europe and the stock market reaction. *Studies of Applied Economics*, 39(3). <https://doi.org/10.25115/eea.v39i3.4125>
- Le, T. L., Abakah, E. J. A., & Tiwari, A. K. (2021). Time and frequency domain connectedness and spillover among fintech, green bonds and cryptocurrencies in the age of the Fourth Industrial Revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120382. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120382>
- Lepori, G. M. (2009). Environmental stressors, mood, and trading decisions: Evidence from ambient air pollution. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1284549>
- Levy, T., & Yagil, J. (2011). Air pollution and stock returns in the US. *Journal of Economic Psychology*, 32(3), 374–383. <https://doi.org/10.1016/j.joep.2011.01.004>
- Liu, N., & Liu, C. (2020). Co-movement and lead–lag relationship between green bonds and renewable energy stock markets: Fresh evidence from the wavelet-based approach. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-105937/v1>
- Martiradonna, M., Romagnoli, S., & Santini, A. (2023). The beneficial role of green bonds as a new strategic asset class: Dynamic dependencies, allocation and diversification before and during the pandemic era. *Energy Economics*, 120, 106587. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106587>
- Meng, A., & Clements, L. (2025). *Green debt market passes \$3 trillion milestone*. London Stock Exchange Group (LSEG). <https://www.lseg.com/en/insights/green-debt-market-passes-3-trillion-milestone> (Accessed January 23, 2026).
- Mezghani, T., Ben Hamadou, F., & Boujelbene-Abbes, M. (2025). Network connectedness and portfolio hedging of green bonds, stock markets and commodities. *International Journal of Emerging Markets*, 20(5), 2154–2181. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-02-2023-0160>
- Mohammed, K. S., Bouri, E., Hunjra, A. I., Tedeschi, M., & Yan, Y. (2024). The heterogeneous reaction of green and conventional bonds to exogenous shocks and the hedging implications. *Journal of Environmental Management*, 364, 121423. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121423>
- Naeem, M. A., Farid, S., Ferrer, R., & Shahzad, S. J. H. (2021). Comparative efficiency of green and conventional bonds pre- and during COVID-19: An asymmetric multifractal detrended fluctuation analysis. *Energy Policy*, 153, 112285. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112285>
- Nguyen, T. T. H., Naeem, M. A., Balli, F., Balli, H. O., & Vo, X. V. (2021). Time-frequency comovement among green bonds, stocks, commodities, clean energy, and conventional bonds. *Finance Research Letters*, 40, 101739. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101739>
- Panwar, K., Yadav, M. P., & Puri, N. (2025). Spillover effect of green bond with metal and bullion market. *Asia-Pacific Financial Markets*, 32, 118. <https://doi.org/10.1007/s10690-023-09443-6>
- Park, D., Park, J., & Ryu, D. (2020). Volatility spillovers between equity and green bond markets. *Sustainability*, 12(9), 3722. <https://doi.org/10.3390/su12093722>
- Pastor, L., Stambaugh, R. F., & Taylor, L. A. (2021). Sustainable investing in equilibrium. *Journal of Financial Economics*, 142(2), 550–571. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2020.12.011>
- Pham, L. (2021). Frequency connectedness and cross-quantile dependence between green bond and green equity markets. *Energy Economics*, 98, 105257. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105257>
- Pineiro-Chousa, J., Lopez-Cabarcos, M. A., & Ribeiro-Soriano, D. (2020). Does investor attention influence water companies' stock returns? *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120115. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120115>

- Reboredo, J. C. (2018). Green bond and financial markets: Co-movement, diversification and price spillover effects. *Energy Economics*, 74, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.05.030>
- Reboredo, J. C., & Ugolini, A. (2020). Price connectedness between green bond and financial markets. *Economic Modelling*, 88, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2019.09.004>
- Reboredo, J. C., Ugolini, A., & Ojea-Ferreiro, J. (2022). Do green bonds de-risk investment in low-carbon stocks? *Economic Modelling*, 108, 105765. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2022.105765>
- Rösch, A., & Schmidbauer, H. (2018). *WaveletComp 1.1: A guided tour through the R package*. http://www.hs-stat.com/projects/WaveletComp/WaveletComp_guided_tour.pdf
- Rua, A., & Nunes, L. C. (2009). International comovement of stock market returns: A wavelet analysis. *Journal of Empirical Finance*, 16, 632–639. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2009.02.002>
- Sartzetakis, E. S. (2021). Green bonds as an instrument to finance low carbon transition. *Economic Change and Restructuring*, 54(3), 755–779. <https://doi.org/10.1007/s10644-020-09266-9>
- Sheenan, L. (2023). Green bonds, conventional bonds and geopolitical risk. *Finance Research Letters*, 58, 104587. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104587>
- Statman, M., Thorley, S., & Vorkink, K. (2006). Investor overconfidence and trading volume. *The Review of Financial Studies*, 19(4), 1531–1565. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhj032>
- Symeonidis, L., Daskalakis, G., & Markellos, R. N. (2010). Does the weather affect stock market volatility? *Finance Research Letters*, 7(4), 214–223. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2010.05.004>
- Su, X., Guo, D., & Dai, L. (2023). Do green bond and green stock markets boom and bust together? Evidence from China. *International Review of Financial Analysis*, 89, 102744. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102744>
- Teng, M., & He, X. (2020). Air quality levels, environmental awareness and investor trading behavior: Evidence from stock market in China. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118663. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118663>
- Tiwari, A. K., Abakah, E. J. A., Yaya, O. Y., & Appiah, K. O. (2023). Tail risk dependence, co-movement and predictability between green bond and green stocks. *Applied Economics*, 55(2), 201–222. <https://doi.org/10.1080/00036846.2022.2085869>
- Torrence, C., & Compo, G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, 61 - 78. [https://doi.org/10.1175/15200477\(1998\)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/15200477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2)
- Torrence, C., & Webster, P. J. (1999). Interdecadal changes in the ENSO–monsoon system. *Journal of Climate*, 12(8), 2679–2690. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<2679:ICITEM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<2679:ICITEM>2.0.CO;2)
- Vacha, L., & Barunik, J. (2012). Co-movement of energy commodities revisited: Evidence from wavelet coherence analysis. *Energy Economics*, 34, 241–247. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.10.007>
- Wang, X., Ye, Q., Zhao, F., & Kou, Y. (2018). Investor sentiment and the Chinese index futures market: Evidence from the internet search. *The Journal of Futures Markets*, 38(4), 468–477. <https://doi.org/10.1002/fut.21893>
- Wang, J., Chen, X., Li, X., Yu, J., & Zhong, R. (2020). The market reaction to green bond issuance: Evidence from China. *Pacific - Basin Finance Journal*, 60, 101294. <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2020.101294>
- Yadav, M. P., Pandey, A., Taghizadeh-Hesary, F., Arya, V., & Mishra, N. (2023). Volatility spillover of green bond with renewable energy and crypto market. *Renewable Energy*, 212, 928–939. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.05.056>
- Yeow, K. E., & Ng, S.-H. (2021). The impact of green bonds on corporate environmental and financial performance. *Managerial Finance*, 47(10), 1486–1510. <https://doi.org/10.1108/MF-09-2020-0481>

- Yousaf, I., Mensi, W., Vo, X. V., & Kang, S. H. (2024). Dynamic spillovers and connectedness between crude oil and green bond markets. *Resources Policy*, 89, 104594. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104594>
- Zhao, M., & Park, H. (2024). Quantile time-frequency spillovers among green bonds, cryptocurrencies, and conventional financial markets. *International Review of Financial Analysis*, 93, 103198. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103198>