

Bitcoin Üretimini Karbon Emisyonu Üzerindeki Etkisi: Panel Veri Analizi ¹

Impact of Bitcoin Production on Carbon Emissions: Panel Data Analysis

Gülümser KURT ^{1*}

Erkan ALSU ²

¹ Gaziantep Üniversitesi, gulumsr_palta@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-9039-6939

² Gaziantep Üniversitesi, erkanalsu@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6102-1786

* Yazışılan Yazar/Corresponding author

Makale Geliş/Received: 20.05.2024

Makale Kabul/Accepted: 21.06.2024

Araştırma Makalesi / Research Paper

DOI: 10.47097/piar.1486854

Öz

Dünyada meydana gelen iklim krizi, enerji kaynaklarının azalması, insan kaynaklı çevresel bozulmalar, karbon emisyonu ve diğer zararlı gazlar hem insan yaşamını hem de diğer canlı türlerinin yaşamını olumsuz etkilenmektedir. Bu zararı en aza indirmek ve sürdürülebilir yaşam koşullarını sağlamak için atmosfere zarar veren zararlı gazlardan karbon salınımını en aza indirmek için birtakım anlaşmalar ve düzenlemeler yapılmaktadır. Bu çalışmada, Bitcoin üretiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisi incelenmektedir. Bu kapsamda, modele dahil edilen değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkisi 25 gelişmekte ve gelişmiş ülke için çeşitli ekonometrik yöntemler ile test edilmiştir. Çalışmada, bağımlı değişken olarak seçilmiş ülkelerin karbon emisyon değerleri, bağımsız değişkenler olarak ise, seçilmiş ülkelerin gayri safi milli hasılası, enerji tüketimi ve Bitcoin üretim verileri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, Bitcoin üretimi ile enerji tüketimi, gayrisafi milli hasıla ve karbondioksit emisyonu arasında uzun dönemde ve negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca, panel nedensellik test sonuçlarına göre, Bitcoin üretiminden karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu çalışma, iklim değişikliği üzerine politika geliştiren politikacılar ve çevre üzerine çalışma yapan ilgili taraflar için önemli sonuçlar içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Karbon Emisyonu, Bitcoin, Nedensellik Analizi, Panel ARDL-FMOLS, GMM Testleri.

Jel Codes: M0, M1.

Abstract

The climate crisis occurring in the world, the decrease in energy resources, human induced environmental degradation, carbon emissions and other harmful gases affect both human life and the lives of other living species negatively. In order to minimize this damage and ensure sustainable living conditions, some agreements and regulations are made to minimize carbon emissions from harmful gases that harm to atmosphere. In this study, the impact of bitcoin production on carbon emissions was analysed. In this context, the long- and short-term relationship between the variables included in the model was tested with various econometric methods for 25 developing and developed countries. In the study, carbon emission values of selected countries were used as dependent variables, and gross national product, energy consumption and bitcoin production data of selected countries were used as independent variables. As a result of the study, a long-term and negative relationship was detected between cryptocurrency production and energy consumption, gross national product and carbon dioxide emissions. Additionally, according to the panel causality test results, a unidirectional causality relationship was detected from cryptocurrency production to carbon emissions. This study has important implications for policy makers developing policies on climate change and interested parties working on the environmental issues.

Keywords: Carbon Emission, Bitcoin, Causality Analysis, Panel ARDL-FMOLS, GMM Tests.

Jel Kodları: M0, M1.

Atf için (Cite as): Kurt, G. ve Alsu, E. (2024). Bitcoin üretiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisi: Panel veri analizi. *Pamukkale Üniversitesi İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(1), 199-221. <https://doi.org/10.47097/piar.1486854>

¹ Bu çalışma Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme ABD Doktora Öğrencisi Gülümser Kurt'un doktora tezinden türetilmiştir.

1. GİRİŞ

Ekonominin temel yapıtaşı olarak nitelendirilen para tarih boyunca farklı şekillerde ekonominin merkezinde yer almıştır. Tarihteki dönemlere bakıldığında farklı türden eşya ve cisimler para olarak kullanılmıştır. İçinde yaşadığımız yirminci yüzyıla bakıldığında gelişen bilişim teknolojileri ve finansal aktörler, yaygın kullanılan internetin getirdiği imkanlar paranın fiziken yan yana olmadan dijital ortamlarda da alım-satım, ticaret ve para transferi işlemlerinin yapılabilmesine olanak sağlamıştır. Finans sektöründe ve teknolojiye yaşanan gelişmeler paranın dijital ortamda işlem görmesinin yanında somut olmayan para kavramlarının kullanılmasını da gündeme getirmiştir. 2008 yılında Satoshi Nakamoto adlı mahlası kullanan ve gerçek kimliği bilinmeyen kişi veya kişiler tarafından ortaya atılan Bitcoin isimli dijital para ya da yaygın kullanımıyla kripto paralar ortaya çıkmıştır (Academy Binance, 2020: 1-3). Kripto paralar ile merkezi bir otoriteye bağlı olmaksızın, hızlı, güvenli ve işlem masrafı kesilmeyen dijital-kripto paraların transferi mümkün olmuştur. Kripto para platformlarının tüm kullanıcılar için açık ve erişilebilir olması kripto paraların kullanımını yaygınlaştırmış ve yeni kripto paraların doğmasına ortam hazırlayan nedenlerden birisi olmuştur (Guneet vd., 2024: 1-3). Kripto para piyasası gelişime ve yeniliklere açık, değişime ayak uydurma özellikleriyle büyümeye devam etmektedir (Renniers, 2023: 1-3). Bitcoin ile kripto para piyasasında yaklaşık 14 yıl içerisinde 2023 yılına kadar 18000'i aşkın kripto para kişiler ya da kurumlar sayesinde piyasaya girmiştir. Yaygın olarak bilinen Bitcoin, Ethereum, Solana, Avax, Dogecoin, Wawes, Chiliz, EOS, Polygon ve daha adını saymadığımız binlerce kripto para piyasada bulunmaktadır. Tıpkı nakit akışında kullanılan para gibi kripto paralarında seri numarası yerine kullanılan özel şifreli numaraları vardır. Şifreyi bilen veya elinde bulunduran kişi o kripto paranın sahibidir. Her kripto paranın teknolojik alt yapısı farklıdır. Bu altyapılar blok zincir, tanla ve türevleridir. Finansal sistem içerisinde teknolojik alt yapıya sahip kripto paralar diğerlerinden farklı nitelendirilmektedir. Kripto para kavramının literatüre giriş 2008 olarak düşünülse de aslında teknolojik alt yapısının daha eski olduğu bilinmektedir (Ünalır, 2021: 20). Son günlerde popüler olan kripto paraların artıları ve eksileri gündeme gelmiştir. Kripto para üretiminde merkezi otorite sistemi olmadığından diğer bilinen para türlerinde olduğu gibi düzenlenme ve denetlenme yapılmamaktadır. Bu durum kripto paralara piyasa serbestliğini sağlamıştır. Kripto para arz ve talebi anlık işlemler sonucunda oluşur ve hızlı değişkenlik gösterebilmektedir. Kripto para alım satım işlemlerinde yalnızca alıcı ve satıcı taraflar bulunmaktadır. Böylelikle komisyon ve havale ücreti kullanımına ihtiyaç yoktur (Çarkacıoğlu, 2016: 15-16). Ek olarak Bitcoin madencisi olarak bilinen kripto para işlemleri onaylayan madenciler faaliyetleri karşılığında komisyon bazen de blok ödülü olarak Bitcoin kazanmaktadır (Coşkun, 2022: 1-3). Kripto para birimi sisteminde kayıtlı potansiyel müşteriler, diledikleri her saatte mekân fark etmeksizin istedikleri tutardaki parayı transfer edebilirler (Mamedov, 2022: 18-21). Kripto para piyasasında merkezi bir denetim sisteminin olmaması nedeniyle bu paralarda vergi, beyanname, kayıt gibi yasal yaptırımlara gerek duyulmamaktadır. Ayrıca kripto para sisteminin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu sistemde devlet denetiminin olmaması, piyasada gerçekleşen işlemlerin kayıt altına alınmaması bu piyasada yasadışı işlemlerin oluşmasına neden olmaktadır. Kripto para işlemlerinde kullanılan cüzdanın kaybolması, şifrenin unutulması içindeki paraların kaybolması demektir (İşgör, 2019:21-24). Yapılan işlemlerin geri alınması ya da iptal edilmesi cüzdan kullanırken belirlenen şifre ve kurtarma

anahtarlarını saklamakla mümkündür. Metamask, Coinbase, Binance, Zerion, Rainbow, Cex vb. sıcak ve soğuk cüzdan (hot wallet, cold wallet) uygulamalarında başlangıçta verilen bilgilerin güvenli şekilde saklanması durumunda şifreler unutulsa dahi cüzdan kurtarılabilir (Yu vd, 2024: 1-17). Kripto paranın alt yapısını oluşturan blok zincir teknolojisi merkez bankalarının ilgisini çekmekte olup T.C Merkez bankası da dahil olmak üzere ülkeler kendine özgü kripto paralarını oluşturmaya yönelik çalışmalar yapmaktadır (Gökpinar, 2021: 221-231). Blok zinciri teknolojisi bilinenin aksine kripto para dışında farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Örneğin; FinTech, e-ticaret, borsalar, sağlık, tedarik yönetimi ve e-noter bunlardan bazılarıdır. Blok zincirinin sık kullanım alanına sahip olması yakın gelecekte başka sektörlerde de kullanılabileceğini göstermektedir (Durukal, 2021: 129-140). Blok zincir bitcoin madenciliğinde madenciler tarafından yeni bloklar eklemek için kullanılmaktadır. Madencilik faaliyetlerinin yüksek miktarda enerji gerektirmesi nedeniyle çevreye zarar verdiği iklim aktivistleri tarafından dile getirilmektedir (Can, 2021: 1-3). Çalışmanın konusunu oluşturan Karbon emisyonu, kendiliğinden açığa çıkan karbondioksit dünya ve içinde yaşayan canlılar için belirli bir öneme sahipken, insan kaynaklı ve doğal olmayan yollardan yüksek oranda açığa çıkan karbondioksit ve diğer sera gazları hem dünyaya hem de çevreye ciddi şekilde zarar vermektedir (MFA, 2023:1-3). Bu bağlamda Bitcoin üretiminde kullanılan enerji kaynakları sebebiyle çevreyi olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Fiziki olarak üretimi gerçekleşen kripto para Bitcoin enerji harcamasında ilk sırada yer almaktadır. 'Etrafımızdaki hiç kimse Bitcoin kullanmasa dahi hepimiz onun için bedel ödemekteyiz' sözüyle "Dijikonomist" olarak da bilinen Bitcoin analisti Alex de Vries, Bitcoin'in fiyatındaki artışların Bitcoin ticaretinin artmasına sebep olacağı ve dolayısıyla enerji tüketiminde de artışların oluşacağına dikkat çekmektedir (Atkin, 2014:1-3). Başka bir ifadeyle Bitcoin kullanımının artması veya yaygınlaşması, atmosfer yüzeyinde değişimler meydana getirmesi iklim krizine yol açarak sürdürülebilir gezegen modelini olumsuz etkilemektedir (Atkin, 2014: 1-3). Ancak geleceği ve pazar dinamikleri oldukça belirsiz olan Bitcoin'in destekçileri gelecekte kripto para piyasasının ekonominin içinde yer alacağı ve birtakım faydaları beraberinde getireceğini iddia ederek sosyal fayda sağladığını savunmaktadır (Gültekin, 2018: 1-3). Diğer taraftan dünyanın ve canlıların uzun süre hayatta kalması, karbon temelli zararlı gazların pik yapması ve ardından hızlı şekilde düşüş yaşaması için yaklaşık 32 yılımız bulunmaktadır. Bitcoin ve diğer kripto para türlerinin yaşaması ve çoğalması için enerji kaynağımız ve vaktimiz kalmamıştır (Gültekin, 2018: 1-3).

Bitcoin madenciliği veya diğer adıyla madencilik faaliyetleri Bitcoin üretiminin ayrılmaz bir parçasıdır. Kripto paralardan Bitcoin hariç diğerleri fiziki olarak henüz bastırılmamakta ya da somut olarak piyasaya sürülememekte; sadece sanal cüzdanlarda var olabilmektedir (Başpinar, 2023:1-3). Somut olarak bir adet Bitcoin'in oluşturulması için bir bilgisayarın Bitcoin Ağı'na erişmesi ardından karmaşık matematik probleminin çözülmesi yani "Bitcoin madenciliği" denilen işlemi gerçekleştirmesi gerekmektedir (Başpinar, 2023: 1-3). Buna rağmen madenden çıkartılabilecek Bitcoin sayısı sınırlı olup; yaklaşık bir sayı paylaşmak gerekirse ortalama 21 Milyon'dur (Atkin, 2014: 1-3). Eğer çıkartılan Bitcoin sayısı arttırılmak istenirse çözülmesi gereken matematik problemi de karmaşık-zor bir hal alacaktır. Kısaca bir Bitcoin üretebilmek için bilgisayarların daha çok enerji tüketecek şekilde çalışarak bilgiyi işlemesi gerekmektedir (Çolak ve Sandalcılar, 2019: 205-232). İlk zamanlarda çok fonksiyonlu olmayan şahsi bilgisayarlar ile Bitcoin üretimi yapılabilirken, artan taleplerinde etkisiyle

daha hızlı ve büyük boyutlarda işlemcilerle sahip bilgisayarlar tercih edilmektedir. "Application Specific Integrated Circuit (ASIC)" adında bu işlem için tasarlanıp kullanılan programlar bulunmaktadır. Kullanılan makineleri geniş hacimli, çabuk ısınan bilgisayar makineleridir. Bu makinelerin kullanıcıları ister insanlar ister Bitcoin çıkaran şirketler veya birlikte çalışan Bitcoin heveslileri olsun, yüksek miktarda enerji harcamaktadırlar. Bazı dönemlerde Bitcoin üretimi yapan şirket veya firmalar özel olarak tasarlanan bilgisayar odalarında bu makinelerle çalışmalarını gerçekleştirmektedir. 2015'te Vice, bu ASIC makineleri için ayda 80000 dolar elektrik harcaması yapan ve aynı sürede 4050 Bitcoin üreten bir Çinli Bitcoin üretim merkezinin profilini çıkartmıştır (Gültekin, 2018: 1-3). Bitcoin madenciliğinde harcamalar arasında en yüksek pay elektrik giderlerine ait olduğundan şirketler elektrik üretimi fiyatlarının ucuz olduğu ülke veya pazarları tercih etmektedir (Robleh vd, 2014: 276-286).

Bitcoin üretimi kullanılan enerji kaynakları sebebiyle her daim eleştirilere maruz kalmıştır. 2013'te Bloomberg, maden işlemi günde 150.000 dolar tutarında elektrik harcadığından, Bitcoin'i "Gerçek bir çevre felaketi" diye adlandırmıştır. Bitcoin madenciliğinde sürekli çıkartılan Bitcoin'lerin sayısı 2013'te 11 Milyon iken 2024 yılının ilk altı ayı içerisinde adet sayısı toplam 19,709,143 olmuştur. Bu durum doğal olarak Bitcoin madenciliğine karşı olan kesimin eleştiri dozunu arttırmasına yol açmıştır. Christopher Malmo, yakın zamanda Motherboard'a yaptığı açıklamada, "2015 yılından bu yana Bitcoin'in harcadığı enerji miktarı, alışılmış çevrimiçi ödeme metotlarına kıyasla çok yüksek" demiştir. Bunun nedeni Bitcoin'in dolar olarak karşılığının, kârlı bir şekilde Bitcoin elde etmek için gereken enerji miktarıyla doğru orantılı olmasıdır (Gültekin, 2018: 1-3). İklim aktivistlerine göre, doğaya zarar vermeyen ve çevre dostu enerji kaynaklarına yönelerek kripto para üretmek mümkündür. Bunun için kripto para piyasasına baskı uygulanmalıdır. Greenpeace ABD ve Environmental Working Group tarafından desteklenen Change the Code Not the Climate kampanyası, Bitcoin'in proof-of-work (iş kanıtı, PoW) sisteminden çok daha az elektrik gerektiren proof-of-stake (hisse kanıtı, PoS) madencilik yöntemine geçmesini önermektedir. Yapılan son araştırmalara göre Bitcoin madenciliği için harcanan elektrik enerjisi miktarı yaklaşık olarak küçük bir ülkenin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisiyle aynıdır. Bitcoin üretiminin fazla enerji harcamasının sebebi ise Bitcoin üretiminde kullanılan Blok zincir sisteminin (PoW) karmaşık matematik problemlerini çözmek için güçlü bilgisayarları kullanmasıdır. PoW'nun tam tersi olarak PoS protokolü, ağı doğrulamak ve yeni birimler oluşturmak adına kripto para birimindeki bir paydaşı rastgele seçen bir süreçten yararlanmakta harcanan enerji miktarında ciddi oranda azalmaya neden olmaktadır. Çevre konsorsiyumuna göre Bitcoin üretiminde POW sisteminden PoS sistemine geçilmesi enerji harcamalarında yüzde yüz azalma sağlamanın yanında finansal işlemleri de önemli ölçüde kolaylaştıracaktır (NTV, 2022:1-3). Bitcoin üretiminde yapılacak söz konusu köklü yenilik; çıkar çatışması taşıması sebebiyle büyük bir topluluğun fikir birliğinde buluşması anlamına gelmektedir. Bitcoin'in kodundaki daha önce de önerilen değişim mesajları anlaşmazlıkla sonuçlanmış ve yeni kripto para birimlerinin doğmasına, bazı kripto paraların güç kaybetmesine yol açmıştır. 'Change the Code Not the Climate' manifestosu bunu "Bitcoin paydaşlarının değişmemeye teşvik edildiğini biliyoruz" sözleriyle onaylamıştır.

Bitcoin yazılım kodunda yapılmak istenen bu köklü değişiklik uzun yıllar kullanılan ve halen kullanımda olan alt yapının değişmesini gerektirecektir. Bu durum Bitcoin

paydaşlarının batık maliyet riskini de göz önünde tutarak yenilikçi ve yaratıcı çözümler geliştirmesini zorunlu kılacaktır. Adalet, masumiyet, yenilik, öngörü vb. duyguların kripto para topluluğunu sarsılmaz derecede motive ettiği görülmektedir. Çoğu kripto para savunucusu iklim krizi hakkında düşüncelerini rahatça ifade etmektedir. Söz konusu iklim krizi tehlikelerinin en aza indirilmesi için Bitcoin üretimi düşük enerji uygulamasıyla gerçekleştirilebilir (Battal, 2021: 1-3).

Bitcoin kadar gündemde olmasa da diğer kripto paralar, örneğin Cardano (ADA), piyasaya çıktığı günden beri PoS protokolünü kullanmaktadır. Bu kripto para herhangi bir alt yapı değişikliği yapmamış. Baştan itibaren iklim ve çevresel etkileri de hesaba katarak POS ile işlemlerini gerçekleştirmiştir. Change the Code Not the Climate grubu, kripto paralarda değişmesini istedikleri altyapı değişikliği için Tesla'nın kurucusu Elon Musk, Twitter'ın kurucusu Jack Dorsey ve kripto topluluğundaki diğer önemli kişilere destek çağrısı yapmıştır (Formuzis, 2022:1-3). Bahsi geçen her iki kurucu Bitcoin'in çevre üzerindeki etkileri üzerine konuşmalar yapmış ancak sürdürülebilir enerji kaynakları veya altyapı değişikliğinin çevreye yararları hakkında konuşmalar yapmamıştır. Bir diğer önemli gelişme ise Elon Musk'ın ABD'li kripto madencileriyle yaptığı görüşmenin ardından kurulan Bitcoin Mining Council (Bitcoin Madencilik Konseyi) şeffaflığı artırmayı ve yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmeyi amaçlamaktadır (IN, 2023:1-3).

Bu çalışmanın amacı, Bitcoin üretim zincirinin çevresel sürdürülebilirliğe etkilerini ve olası sonuçlarını geniş bir bakış açısı ile incelemek ve geleceğe ışık tutacak önerilerde bulunarak literatüre katkı sağlamaktır. Çalışmada ekonometrik analiz olan panel veri analizi kullanılacaktır. Eldeki veriler incelenerek Bitcoin üretiminin karbon emisyonunu artırma üzerindeki etkisi hakkında Pedroni ve Kao eş bütünleşme testleri yapıp, Bitcoin üretimi ve CO2 salınımı arasında nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı araştırılmıştır. Bu çalışmada bağımlı değişken olarak seçilmiş ülkelerin karbon emisyon değerleri belirlenmiştir. Bağımsız değişken olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin; Enerji kullanım miktarları, Gayrisafi milli hasılları, Kripto para piyasasında en büyük hacme sahip olan Bitcoin'e ait yıllar içerisinde ticaret hacmi verileri kullanılmıştır. Model ve veri analizi kısmında araştırmada kullanılan materyal ve yöntem detaylandırılarak açıklanmaya çalışılacak ve çalışmada kullanılan veri seti-panel veri analiz sonuçları, tablo grafiklere ait veriler sunulacaktır. Son bölümde ise sonuç ve tartışmalar dile getirilecektir.

2. LİTERATÜR

Bitcoin üretiminin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini ulusal ve uluslararası literatür incelemiştir. Karbon emisyonu ve kripto paralar hakkında literatürde yapılan çalışmalarda kripto paraların volatilitesi, diğer para birimleriyle fiyat rekabeti, muhasebeleştirilmesi ve vergilendirilmesi, denetimi ve yasal mevzuatı, konulu olup doğrudan Bitcoin üretiminin karbon salınımı üzerindeki etkisini ölçmeye yönelik yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Kripto paralar hakkında yapılan çalışmalar Covid-19 pandemisi ve dijitalleşmenin etkisiyle son yıllarda artış göstermektedir (Yoruldu ve Arslan, 2021: 1-33).

Kapusuzoğlu vd. tarafından 2023 yılında sistematik analiz yöntemiyle oluşturulan kitap bölümünde, kripto para hakkında hakemli dergilerde yayınlanan makaleler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, incelenen makalelerde Bitcoin madenciliği istatistikleri ile CO2 emisyonları arasında doğrusal olmayan bir nedensellik ilişkisi olduğunu

göstermektedir. Ayrıca, yüksek enerji tüketimine ve yenilenebilir enerji kapsamında bazı olumsuz çevresel etkilere rağmen Bitcoin'in ekonomik ortamda çeşitli amaçlar için kullanılan bir araç olmaya devam ettiğini; dolayısıyla ülkelerin, CO2 emisyonlarını azaltmak için Bitcoin madenciliğinin etkilerini dikkate alması gerektiğini vurgulamıştır (Kapusuzoğlu vd, 2023: 127-139).

Zhang vd. 2023 yılında 2019-2021 yıllarını kapsayan, CO2, Elektrik tüketimi, Bitcoin ticareti değişkenleriyle, Granger nedensellik testi yapmıştır. Bu çalışma, kripto para birimi enerji tüketiminin iklim değişikliği üzerindeki çevresel etkilerini araştırmıştır. Kripto para piyasasını iklim dostu bir pazara dönüştürmek için enerji tasarruf merkezi olmayan finans algoritmalarının geliştirilmesinde teknolojik ilerlemelerin teşvik edilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Ye vd, 2023 yılında 2011-2020 yıllarını kapsayan çalışmada değişken olarak, CO2, Kripto hacmi, biyoyakıt enerji tüketimi kullanmıştır. Metodoloji olarak Doğrusal Olmayan Ototegresif Dağıtıcı Gecikme (NARDL) tekniği belirlenmiştir. Araştırma sonucunda yaygın inanın aksine, kripto para birimleri ile biyoyakıt kullanımı arasında kısa ve uzun dönemde doğrusal olmayan yakınlık olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde yenilenebilir enerji kullanımı ile biyoyakıt tüketimi arasında da asimetri bulunmaktadır. Ayrıca bahsi geçen değişkenlerin birbiriyle güçlü bir tutarlılığın olduğu da bu çalışmada kanıtlanmıştır.

Goodking vd, tarafından 2020 yılında yapılan araştırmada seçili ülkelerin 2016-2021 yılları arasında, elektrik tüketimi, Bitcoin madenciliği (bir bitcoin başına), CO2 değişkenleri kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, baskın iş kanıtı kripto para birimi olan Bitcoin (BTC) madenciliğinin enerjiyle ilgili iklim zararlarına ilişkin ekonomik tahminler sunmaktadır. Sonuç olarak; BTC taraftarları BTC'nin "dijital altın" temsil ettiğini öne sürerken, iklim zararları açısından bakıldığında BTC daha çok "dijital ham petrol" gibi çalıştığı ortaya konulmuştur.

Griffith ve Clancey, (2023) tarafından yapılan çalışmada 18 Mayıs 2021 tarihinde (20 günlük bitcoin transferi Çin'de), volatilité, fiyat duyarlılığı, likidite azlığı değişkenleri ile incelenmiştir. Araştırma dönemi 18 Mayıs 2021'den itibaren Çin'in kripto işlemlerine getirdiği yasağın 20 gün öncesi ve sonrasını kapsamaktadır. Kripto pazarında aktif olan ülkelerin düzenlemeleri, kripto pazarını istikrarsızlaştırabilir ve olumsuz çevresel etkilere neden olabilir. Bununla birlikte, son derece sıkı uygulama önlemlerine rağmen, etkili bir izleme-denetleme mekanizması olmadan kripto düzenlemelerinin uzun vadeli etkinliği sorgulanmalıdır. Sonuçta, kripto ticaretinin aktif ve yaygın yapıldığı ülkelerde belirsizlik konusunda hem kripto politika yapımcıları hem de yatırımcılar için ampirik bulgular sağlamıştır.

Bitcoin madenciliğinin çevresel etkilerini 2017-2021 yıl aralığında Çin Bitcoin madenciliği, (Çin'in eyaletleri ve aylık veriler kullanarak), Co2, elektrik tüketimi, Bitcoin ücreti, transfer ücreti, bağlantı ücreti, enerji tüketimi değişkenleriyle, tahmin edilmektedir. Yukarıdan aşağıya bir ölçüm yaklaşımı kullanan bu makale, Çin'deki Bitcoin madenciliğinin 2017'den 2021'e kadar olan karbon ayak izini değerlendirmiştir. Bulgular, bu dönemdeki madencilik faaliyetlerinin Çin'de toplam 77,84 milyon ton karbondioksit emisyonuna katkıda bulunduğunu ortaya koymuştur. İl düzeyindeki verileri kullanarak, Bitcoin madencilik havuzlarının mevsimsel göçünün Çin'de bölgesel enerji talebi şoklarına yol açacağı tespit

edilmiş ve Çin'deki Bitcoin madenciliğinden kaynaklanan gelecekteki karbon emisyonları da öngörülmüştür. Bu bulgulara dayanarak bu makale dünya çapındaki hükümetlerin Bitcoin madenciliğinden kaynaklanan karbon emisyonlarını sınırlamak için çaba göstermesi ve Bitcoin'in enerjiye olan bağımlılığını temelden hafifletmek için çevre dostu teknolojik yöntemleri tercih etmesi gerektiğini öne sürmüştür (Xiao vd, 2023: 119-136).

Qin vd, 2019 yılında Bitcoin'in gelecekte meydana getireceği karbon emisyonunu günümüzde ortaya çıkardığı karbon emisyon miktarını kullanarak gelecek yıllar adına derleme ve tahmin çalışması yapılmıştır. Bitcoin'in piyasa değerinin altınunkıyla aynı doğrultuda büyüdüğünü varsayımından hareketle, Bitcoin'in yıllık elektrik tüketiminin 2020 ile 2100 yılları arasında 60 TWh'den 400 TWh'ye çıkabileceği öngörülmüştür. Bitcoin'in gelecekteki karbon ayak izi büyük ölçüde Bitcoin'in karbondan arındırma yoluna bağlı olduğunu bu makalede yer vermiştir. Elektrik sektörü 2050 yılına kadar karbon nötrleşme ulaşırsa, Bitcoin'in karbon ayak izi zaten zirveye ulaşmış olacağını belirtilmiştir. Bununla birlikte, olağan iş senaryosunda, emisyonların toplamı 2100 yılına kadar 2 gigatona ulaşacağını; bu miktar, 2019'daki küresel emisyonların %7'sine denk geldiğini belirtmiştir. Ancak 2020'nin sonunda Bitcoin fiyatındaki artış, pazarın giderek geliştiğini göstermektedir. Bu nedenle, Bitcoin'in gelecekteki karbon ayak izini azaltmaya yönelik politika araçlarının güncellenmesi savunulmuştur (Qin vd, 2019: 1647-1661).

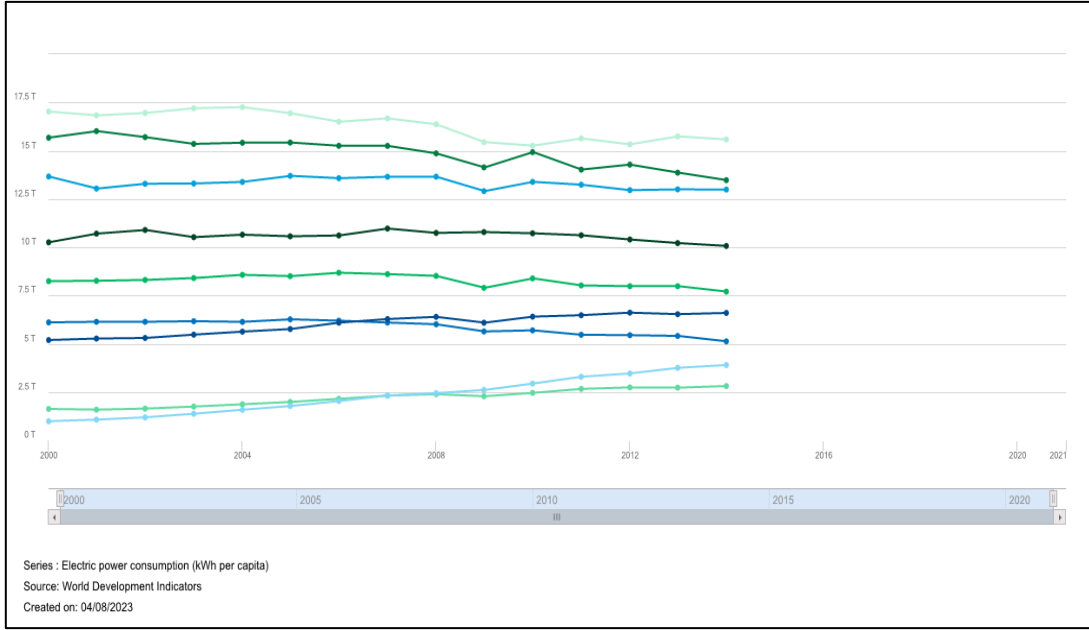
Hsu vd, (2023) 2018-2022 dönemine ilişkin ham petrol, Bitcoin fiyatları ve CO2 salınımı arasındaki ilişkiyi kantil regresyon yöntemiyle incelemişlerdir. Ülkelerin uyguladığı karbon vergisi politikası, Bitcoin madenciliğinin artan enerji tüketimi ve buna bağlı karbon emisyonunun küresel sürdürülebilirlik çabalarını olumsuz etkilediğini savunmuşlardır. Çalışmada ayrıca, mevcut cezalandırıcı karbon vergisi politikasından madencilik faaliyetlerinin enerji tüketim yapısında değişikliklere yol açan bir saha düzenleme politikasına geçmenin, karbon emisyonunu sınırlamada daha etkili olacağını öne sürmüşlerdir.

Sadawi, vd, 2021 yılında nesnelerin blok zincir ve akıllı sözleşme yöntemleriyle ticaret yapma konulu çalışmada iklim değişikliğinin çevre üzerinde yarattığı olumsuz ve önlenemez sonuçlarına dikkat çekilmiş ve olası önlemlerden bahsedilmiştir. Çalışmada sadece karbon emisyonunun değil diğer sera gazlarının da etkisine değinilmiş ve Kyoto protokolünden bahsedilmiştir. Kyoto protokolüne imza atan 192 ülkenin aldığı ve uyguladığı zararlı gazların salınımına yönelik önlemlerin yetersiz olduğunu ve uygulamada sorunlar olduğu dile getirilmiştir. Karbon salınımının azaltılması için güvenli, şeffaf ve izlenebilirlik özellikleri nedeniyle blok zincir teknolojisi tabanlı bir yaklaşım benimsenmiştir. Akıllı sözleşmeler ve blok zinciri yöntemleriyle şirketlerin maliyetlerini azaltacağı, kar elde edeceği, adil ticaret şartlarının sağlanacağı ve ticaret sisteminde bütünlüğün sağlanacağı öngörülmüştür. Böylece akıllı kontrat ve ticaret mekanizmalarıyla tamamen şeffaf bir ticaret çerçevesi ve optimize edilmiş karbon emisyon salınımının gerçekleşeceği savunulmuştur.

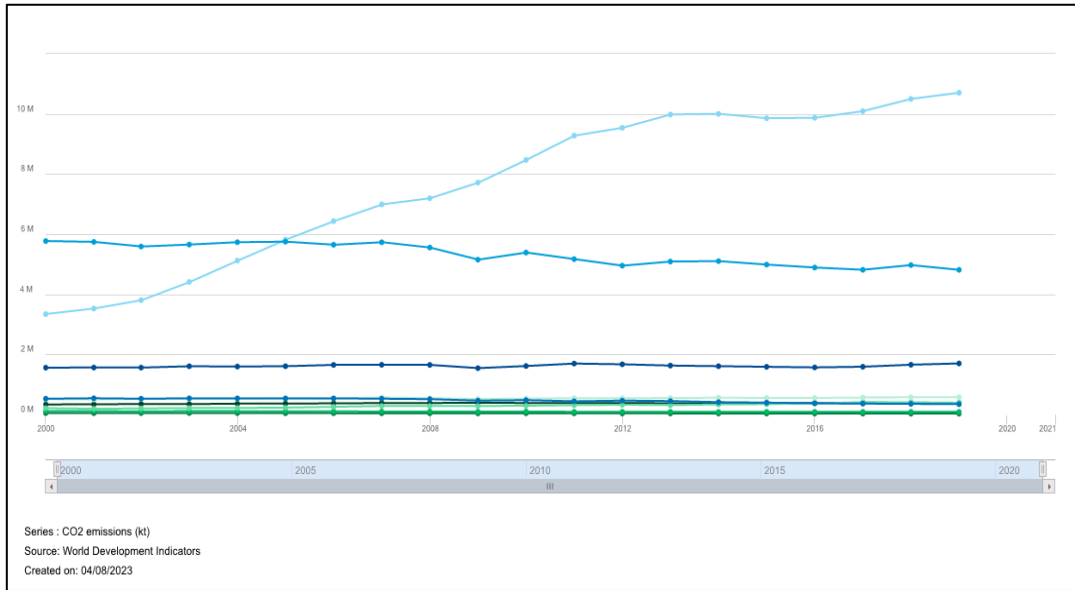
Hong ve Zhang tarafından 2023 yılında yapılan çalışmada 2013-2020 dönemine ait ekonomik büyüme, enerji kullanımı, Bitcoin ticareti ve CO2 emisyonu değişkenlerine ait verileri kullanarak panel veri analizi ile yaptıkları çalışmalarında Bitcoin ticareti, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin uzun dönemde CO2 emisyonları üzerinde pozitif etkiye yol açtığı tespit edilmiştir.

2.1. Karbon Emisyonu ve Göstergeler Arasındaki İlişki

Karbon emisyonunun yıllık salınım oranları enerji kullanımı, elektrik tüketimi ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle enerji kullanımı için bulunan kaynakların yenilenebilir olması, fosil yakıtlardan oluşması karbon salınımındaki artış ve azalışları etkilemektedir. Benzer şekilde elektrik tüketimi için kullanılan kaynakların çevre dostu olması hem karbon salınımını hem de çevreyi olumlu yönde etkileyebilir (IEA, 2020:1-3). Ülkeler tarafından kullanılan enerji verileri Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından takip edilmektedir. Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü'ne (OECD) bağlı bulunmayan ülke ekonomilerine ait enerji kullanımları, OECD üye hükümetler tarafından doldurulan yıllık anketlere uyacak şekilde ayarlanmış ulusal enerji verilerine dayanmaktadır (IEA, 2020:1-3). Verilerin mevcut olduğu yerlerde, birinci sınıf enerji kaynaklarından elde edilen (kömür, petrol, gaz, nükleer, hidro, jeotermal, rüzgâr, gelgit, dalga ve yanıcı yenilenebilir) elektriği kapsamaktadır. Birkaç ülke elektrik enerjisi ihraç etse de üretimin çoğu iç tüketim içindir (WEC, 2021:1-3). Ekonomilerin karbondan arındırılmasına yardımcı olmak için daha verimli ve daha az karbon yoğun güç biçimleri geliştirilip konuşlandırıldıkça bu güven artmaktadır. Güç sistemlerini hızla karbonsuzlaştırmaya çalışırken güvenilir ve güvenli elektrik hizmetlerini sürdürmek, dünya çapındaki ülkeler için önemli bir zorluktur. Gelişmekte olan ekonomilerde görülen enerji ihtiyacındaki artış, modern sektör olarak adlandırılan (sanayi, motorlu ulaşım ve kentsel alanlar) dönüşüm ile doğrudan bağlantılıdır, sadece bununla da sınırlı kalmayıp dolaylı olarak doğa olayları, coğrafi konum, ekonomilerde enerji için belirlenen fiyatla ilgilidir. Yüksek gelirli ekonomilerde kullanılan enerji, düşük ve orta gelire sahip ülkelerin enerji ihtiyacından beş kat daha fazla olmaktadır (WEC, 2021:1-3). Yani yüksek gelirli ülkede yaşayan bireyler daha fazla enerjiye ihtiyaç duymakta ve sonucunda düşük ve orta gelirli ülkede yaşayan bireylerden beş kat fazla tüketimde bulunmaktadır. Birçok ülkedeki hükümetler, dünyanın sahip olduğu enerji kaynaklarının sınırlı olduğuna dikkat çekmekte ve giderek artan enerji ihtiyacının kaynaklar açısından endişe verici olduğunu paylaşmaktadır (IEA, 2020:1-3). Şekil 1'e bakıldığında gelişmişlik düzeyi fark etmeksizin ülkelerin elektrik enerji tüketimi artma eğilimi göstermektedir. Bu nedenle serideki kırılmalar kaçınılmazdır.



Şekil 1. Elektrik tüketimi (World bank,2023)



Şekil 2. Karbon salınımı (World bank,2023)

Karbon salınımı diye ifade edilen karbondioksit gazı, fosil yakıt kullanımı ve sanayileşme-kentleşmenin getirdiği üretimden meydana gelmektedir. Maddenin niteliğinin ne olduğunu fark etmeksizin kullanımı sonucunda ortaya çıkan karbondioksit gazı, bitkilerin doğal yollarla ortaya çıkardığı ve bitki gibi canlıların bünyesinde doğal olarak bulunan bir gaz türüdür (World bank, 2022:1-3). Kömür, petrol ve doğalgaz kullanımı başta olmak üzere, bitki ve hayvan atıklarında doğal olarak bulunan karbondioksit, sanayi devrimi ve gelişen teknolojiyle beraber günümüzde salınımı eskiye kıyasla artan gaz türüdür. Sanayi devrimiyle beraber fosil yakıtların kullanımının artması, atmosferde bulunan karbondioksit oranlarının dengesini olumsuz yönde etkilemiş insan kaynaklı bu değişim küresel ısınma veya iklim değişikliği olarak karşımıza çıkmıştır. Karbon salınımı büyük oranda endüstriyel

faaliyetlerden meydana gelmektedir. Karbon salınım oranı hesaplanırken gerçekleşen faaliyetin sonunda açığa çıkan karbon miktarının ortalamanın üzerinde olmasına bakılmaktadır. Bu oran hangi faaliyetlerin daha çok karbon gazı açığa çıkardığını ve çevrede yaratacağı etkiyi belirlemek için kullanılmaktadır (World bank, 2022:1-3). İlgili terimler emisyon faktörü ve karbon yoğunluğu çoğunlukla birbirinin yerine kullanılır. Bir ülkenin karbondioksit emisyonları sadece bir sera gazının göstergesidir. Ülkelerin iklim değişikliğine ne düzeyde maruz kaldığını belirlemek için karbon dışında metan ve azot oksit denilen gazların düzeyine de bakılmaktadır. Özellikle ekonomisi tarıma dayalı ülkelerde bu gazlar oldukça önem taşımaktadır. Karbondioksitin çevresel etkileri büyük ilgi görmektedir. Dünyada meydana gelen olumsuz çevresel değişmelere sebep olan gazlar arasında en yüksek oran Karbondioksit (CO₂) gazına aittir. Ancak sera gazları olarak bilinen gaz türlerinin için karbondioksitin yanında (metan (CH₄), azot oksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kükürt hekzaflorür (SF₆) da bulunmaktadır (World bank, 2022:1-3). Küresel ısınmayla mücadele kapsamında insan ve toplum temelli mücadele etmek için Kyoto protokolü Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) çok sayıda ülke tarafından 1997 yılında kabul edilmiştir.

3. MODEL VE VERİ ANALİZİ

Bu bölümde, Bitcoin üretiminin ve karbon emisyonu üzerindeki etkisi ele alınacaktır. Karbon emisyonu ve kripto paralar hakkında literatürde yapılan çalışmalarda kripto paraların oynaklığı, diğer para birimleriyle fiyat rekabeti, muhasebeleştirilmesi ve vergilendirilmesi, denetimi ve yasal mevzuatı, konulu olup doğrudan karbon salınımı üzerindeki etkisini ölçmeye yönelik yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Kripto paralar hakkında yapılan çalışmalar Covid-19 salgını ve dijitalleşmenin etkisiyle son yıllarda artış göstermektedir (Yoruldu ve Arslan, 2021:1-33). 2010-2022 aralığında yıllık veri bazında Bitcoin ticareti yapan gelişen ve gelişmekte olan ülke ekonomileri, 25 örneklem seçiminin ardındaki mantık Verilerin ulaşılabilirliği ve kullanılabilirliğidir. Çalışmada 2010 yılının başlangıç tarihi olarak tercih edilmesinde Bitcoin'in 2008 yılında ortaya çıkması ve 2010 yılında bir Japon çevrimiçi borsası olan Mt. Gox'ta işlem görmeye başlamasıdır. Ancak ticari kullanımı 2013 yılında yaygınlaşmıştır. 2013 yılı öncesine ait güvenilir ve anlamlı veri setine erişilememiştir. Buna ek olarak, Bitcoin kullanımının yaygınlaşması söz konusu olduğunda diğer ekonomik ve çevresel ilgi alanlarına ilişkin resmi istatistikler yayınlanmıştır. Araştırmanın yalnızca 2022 yılına kadar yürütülme sebebi analiz yapıldığı 2023 yılında yıl bazlı verilerin henüz yayınlanmamış olmasıdır. Panel veri ekonometrik modeli kullanılan ampirik analize veriler dünya bankası ve Coindanse isimli veri tabanından temin edilmiştir. Bitcoin ticareti ve karbon emisyonu arasındaki ilişkinin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler üzerindeki etkisinin belirlenmesinde yıllık bazda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerji kullanımı, karbon salınımı ve gayrisafi milli hasıla verileri kullanılmıştır. Bu çalışma mevcut ampirik literatüre farklı şekillerde katkılar sunmaktadır. Çalışma 2010-2022 yılları arasında Bitcoin ticaret verileri ve yıllık karbon emisyonu verilerini kullanarak bu iki değişken arasındaki ilişki hakkında kanıtlar sunmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan Bitcoin ticaret aracı olarak kullanan belirli ülkeler haricinde kullanılmadığından literatürün yetersiz olması nedeniyle bu çalışma önemlidir. Çalışma son yıllarda kullanımı yaygınlaşan Bitcoin ticaretinin karbon emisyonu üzerindeki etkilerini görmemizi sağlayan kanıtlar sunacaktır. Ayrıca bu etkinin azaltılıp artırılacağı hakkında çıkarımlar yapacaktır. Tablo 1'de modele dahil edilen 25

ülkenin bilgileri yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre birim kökün varlığı, Pedroni ve Kao eşbütünleşme ve eşbütünleşme tahminci testleri ARDL, FMOLS, GMM belirlenecek ve seçilen yöntemlerle seriler arasındaki kısa-uzun dönem ilişki araştırılacaktır. Son olarak seriler arasında VECM-Granger nedensellik ilişkisi nedensellik analizleri ile belirlenecektir. Değişkenler arasındaki ilişki korelasyon matrisi yaparak incelenmiştir.

Tablo 1. Değişkenlerin Açıklanması

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
LNCO2	Logaritmik kişi başına karbon emisyonu (metrik ton)	Dünya Bankası
LNBTC	Logaritmik Bitcoin ticaret verileri (ülke bazında)	Coin. danse web sitesi
LNEN	Logaritmik kişi başına enerji tüketimi (kişi başına düşen petrol eşdeğeri kg)	Dünya Bankası
LNGDP	Logaritmik kişi başına gayrisafi milli hasıla (ABD doları)	Dünya Bankası

Tabloda gösterilen ve logaritmik dönüşümü yapılan denklem $DLNCO2 = DLNBTC + DLNEN + DLNGDP$ olup formülize hali; $LCO2_i = B_0 + B_1 LNBTC_{i,t} + B_2 LNEN_{i,t} + B_3 LGDP_{i,t} + u_{i,t}$ ($i = 1, \dots, 25$) ve ($t = 2010, \dots, 2022$)

Formülde i ülkeleri, t zamanı, u ise hata terimini ifade etmektedir.

Tablo 2. Modele Dahil Edilen Ülkeler

Sıra	Ülke	Sıra	Ülke
1	Avustralya	14	Çin
2	Kanada	15	Rusya
3	İngiltere	16	Amerika
4	İsveç	17	Türkiye
5	Meksika	18	Şili
6	Brezilya	19	Kolombiya
7	Peru	20	Çek Cumhuriyeti
8	Macaristan	21	Polonya
9	Suudi Arabistan	22	Mısır
10	Güney Afrika	23	Hindistan
11	Endonezya	24	Malezya
12	Filipinler	25	Güney Kore
13	Tayland		

Çalışmada kullanılan ve daha önce açıklanan tanımlayıcı istatistik bilgileri yer verilmektedir. Tablo 3'te görüleceği üzere toplam 199 gözlemden oluşan verilerin, ortalama, medyan, maksimum ve minimum değerleri, standart sapma, çarpıklık, basıklık, JB testi yer almaktadır.

Tablo 3. Tanımlayıcı İstatistikler

	LNCO2	LNBTC	LNEN	LNGDP
Ortalama	1.62	7.76	10.17	14.57
Medyan	1.58	7.83	10.17	9.49
Maksimum	2.85	12.11	11.65	30.69
Minimum	-0.04	1.65	8.26	7.27
Std. Sapma	0.8	2.11	0.85	8.89
Çarpıklık	-0.17	-0.3	-0.24	0.97
Basıklık	1.87	3.09	2.2	2
Jarque-Bera	11.5	3.07	7.2	39.7
Olasılık	0	0.22	0.03	0
Gözlem	199	199	199	199

Tanımlayıcı istatistikler başlığında merkezi eğilim ölçüleri ile dağılım (yayılm) ölçüleri denilen ortalamadan sapma ölçüleri ve normal dağılımdan sapmayı ölçen ölçülerden meydana gelmektedir. Tabloda bu başlıklar altında yer alan sonuçlar gösterilmektedir.

Tablo 4. Bağımsız Değişkenler Arası Korelasyon Matrisi

	LNCO2	LNBTC	LNEN	LNGDP
LNCO2	1.00	0.25	0.93	0.54
LNBTC	0.25	1.00	0.28	0.58
LNE	0.93	0.28	1.00	0.61
LNGDP	0.54	0.58	0.61	1.00

Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında bir değer almaktadır. Çıkan tüm sonuçlar 0 ve 1 arasında olup değişkenler arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 5. Değişkenlere Ait Birim Kök Analiz Sonuçları

		LNBTC		CO2		ENERGY		GDP	
Model	I (0)	t ist.	Olasılık	t ist.	Olasılık	t ist.	Olasılık	t ist.	Olasılık
	Sabit	3.02917	0.9988	-2.4	0.0076	-2.89779	0.0019	-3.14537	0.0008
LLC	Sabit+Trend	-7.65435	0.0000	-2.9	0.002	-3.62534	0.0001	-3.80607	0.0001
	Sabit	2.64039	0.9959	0.37	0.6426	-0.48581	0.3136	-1.4563	0.0727
IPS	Sabit+Trend	0.99756	0.8408	0.69	0.7564	-1.06523	0.1434	-1.73436	0.0414
	Sabit	31.2792	0.9824	60.7	0.1426	53.0086	0.3589	64.5934	0.0803
ADF	Sabit+Trend	38.822	0.8741	50.2	0.4662	63.3325	0.0975	64.486	0.0817
Model	I (1)	t ist.	Olasılık	t ist.	Olasılık	t ist.	Olasılık	t ist.	Olasılık
	Sabit	-7.67435	0.0000	-3.8	0.0001	-10.9525	0.0000	-10.2813	0.0000
LLC	Sabit+Trend	-28.0601	0.0000	-2.2	0.0157	-9.02982	0.0000	-10.2047	0.0000
	Sabit	-1.70727	0.0439	-2.7	0.0037	-9.38783	0.0000	-7.75877	0.0000
IPS	Sabit+Trend	-4.25946	0.0000	0.19	0.5746	-6.00902	0.0000	-3.91683	0.0000
	Sabit	69.6448	0.0345	83.5	0.0021	169.327	0.0000	145.330	0.0000
ADF	Sabit+Trend	137.634	0.0000	55	0.2476	131.751	0.0000	94.6285	0.0000

Tablo 5'te de görüldüğü gibi değişkenlerin seviye değerlerine uygulanan birim kök test sonuçlarında t istatistikleri ve olasılık sonuçları ekonometrik analizde kullanılacak olan değişkenlerin düzeyde [I (0)] durağan olmadığını göstermektedir. Eğer bir zaman serisi fark almadan başlangıçta durağan ise, seri I_0 düzeyde bütünleşiktir. Eğer bir zaman serisi birinci farkı alındığında durağanlaşırsa seri birinci dereceden I_1 düzeyde bütünleşik seri olmaktadır (Yerdelen Tataloğlu, 2017). Birim köklerin sınıandığı durağan olmadığı ve birim kök içerdiği fark edilmiştir. Durağan hale getirilmek üzere serilerin birinci farklı alınmış olup sırayla; BTC değişkeni seviyesinde birim kök tespit edilmiş olup serinin durağan olmadığı anlaşılmıştır. Bu sebeple serinin birinci farkı alınarak analize dahil edilmiştir. CO2 değişkeni seviyesinde de birim kök tespit edilmiş olup serinin durağan olmadığı anlaşılmıştır. Bu sebeple serinin birinci farkı alınarak analize dahil edilmiştir. Energy değişkeninin seviyesinde de birim kök tespit edilmiş olup serinin durağan olmadığı anlaşılmıştır. Bu sebeple serinin birinci farkı alınarak analize dahil edilmiştir. GDP değişkeninin ise seviyede birim kök içermediği tespit edilmiştir. Bu sebeple serinin birinci farkı alınarak analize dahil edilmesine gerek kalmamıştır. Serilerin herhangi birinin ikincil farkı durağan olmadığı için ARDL, FMOLS ve GMM sınır testleri uygulanabilmektedir.

Tablo 6. Pedroni ve Kao Eşbütünleşme Testleri Sonuçları

Model; DLNCO2= DLNBTC+DLNEN+LNGDP				
Pedroni Eşbütünleşme Sonucu				
	T-istatistiği	Olasılık	Ağırlıklandırılmış t istatistiği	Olasılık
Panel v-Statistic	2. 298753	0. 0108	-3. 234894	0. 9994
Panel rho-Statistic	4. 701645	1. 0000	4. 858249	1. 0000
Panel PP-Statistic	-14. 27519	0. 0000	-10. 52647	0. 0000
Panel ADF-Statistic	-7. 139035	0. 0000	-5. 678709	0. 0000
Panel v-Statistic	2. 298753	0. 0108	-3. 234894	0. 9994
Panel rho-Statistic	4. 701645	1. 0000	4. 858249	1. 0000
Alternative hypothesis: individual AR coefs (between-dimension)				
	T-istatistiği	Olasılık		
Group rho-Statistic	6. 760014	1. 0000		
Group PP-Statistic	-16. 25008	0. 0000		
Group ADF-Statistic	-6. 934172	0. 0000		
Group rho-Statistic	6. 760014	1. 0000		
Kao Eşbütünleşme Sonucu				
	T istatistiği	Olasılık		
ADF	-3. 572673	0. 0002		
Residual variance	0. 001047			
HAC variance	0. 001074			

Not:*** %1 düzeyinde anlamlı, **%5 düzeyinde anlamlı, *%10 düzeyinde anlamlı.

Tablo 6'da görüldüğü gibi salınan Karbon emisyonu ve Bitcoin üretimi arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelediğimiz Pedroni eşbütünleşme test sonuçlarına bakıldığında H_0 hipotezi (seriler arasında eşbütünleşme yoktur) reddedilmiştir. Test sonuçlarından panel istatistiklerinin dördü %1 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Grup istatistiklerinden Grup rho-istatistiği %5 önem seviyesinde diğer PP ve ADF %1 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Genel olarak hem panel hem de grup

istatistiklerinin incelendiği yedi testin olasılık anlam düzeyi yorumlandığında seriler arasında eşbütünleşme olduğu görülmektedir. Kao eşbütünleşme testine göre de H0 hipotezi (seriler arasında eşbütünleşme yoktur) reddedilmiştir. ADF olasılık sonucu %5 önem seviyesinde anlamlıdır. Dolayısıyla alternatif hipotez (seriler arasında eşbütünleşme vardır) kabul edilmiştir. Uzun dönemde Karbon emisyonu ve Bitcoin üretimi arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu çıkarımı yapılabilir. Bu bağlamda uzun dönemde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde Karbon emisyonu ve Bitcoin üretimi arasında birlikte hareket söz konusudur ve yapılan analizler değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 7. Panel ARDL Sonuçları

Bağımlı Değişken: D (LNCO2)				
Uygulanan Analiz: ARDL				
Örneklem boyutu: 2014 2020				
Gözlemler: 174				
Dynamic regressors (1 lag, fixed) : LNBTC LNEN LNGDP				
Fixed regressors:				
Değişkenler	Katsayılar	Standart hata	t-istatistiği	Olasılık
Long Run Equation				
LNBTC	-0.115667	0.015589	-7.419***	0.0000
LNEN	0.178346	0.013017	1.370***	0.0000
LNGDP	0.061678	0.001127	5.470***	0.0000
Short Run Equation				
COINTEQ01	-0.005263	0.040750	-0.129***	0.8975
D (LNBTC)	0.006338	0.003667	1.728***	0.0872
D (LNEN)	0.888775	0.135684	6.550***	0.0000
D (LNGDP)	-0.021371	0.051319	-0.416***	0.6780
Log likelihood	4.876554			

ARDL sınır testinin sonuçları Tablo 7'de gösterilmektedir. Sınır testine göre t-istatistik değeri LNBTC için -7,41, LNEN için 13,70, LNGDP için de 54,70 olduğu biçimde görülmektedir. ARDL sınır testine göre model %1, %5, %10 anlamlılık derecelerinde eşbütünleşme olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Sınır testi sonuçlarına göre H0 hipotezi reddedilir ve H1 hipotezi kabul edilir. ARDL modelinin uzun dönem parametre tahminine geçilmiştir. ARDL modeline göre uzun dönem parametre tahminleri yapılmıştır. Katsayı tahminleri olasılık değerleri anlamlı görülmektedir. Karbon emisyonunun bağımlı değişken olduğu modelde BTC değişkeninde oluşan %1'lik değişimin karbon emisyonu üzerinde (-0,11) oranında negatif bir etkiye sahip olduğu, öte yandan LNEN ve LNGDP'de oluşan %1'lik bir değişimin ise karbon emisyonu üzerinde sırasıyla 0,17 ve 0,06 oranlarında pozitif bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Tablo 8. FMOLS Analiz Sonuçları

Bağımlı Değişken: D (LNCO2)				
Uygulanan Analiz: FMOLS				
Örneklem boyutu: 2014 2020				
Gözlemler: 174				
Tahmini ağırlıklandırma matrisi: Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth				
Dynamic regressors (1 lag, fixed) : LNBTC LNEN LNGDP				
Fixed regressors:				
Değişkenler	Katsayılar	Standart hata	t-istatistiği	Olasılık
LNEN	0. 202301	0. 029149	6. 940***	0. 0000
LNGDP	0. 047768	0. 009528	5. 013***	0. 0000
LNBTC	-0. 139179	0. 040637	-3. 424***	0. 0008
R-squared	0. 478423	Mean dependent var		1. 620712
Adjusted R-squared	0. 472323	S. D. dependent var		0. 797919
S. E. of regression	0. 579620	Sum squared resid		5. 744901
Long-run variance	0. 825603			

Panel FMOLS test sonuçları tablo 8'de gösterilmektedir. Panel FMOLS test sonuçları panel bazında değerlendirildiğinde katsayılar sırayla LNEN 0.20 ve LNGDP 0.04 oranlarıyla beklenildiği gibi pozitif ve istatistiksel olarak %5 önem seviyesinde anlamlı LNBTC-0.13 oranıyla beklenildiği gibi negatif ve %1 önem seviyesinde anlamlıdır. Yani uzun dönemde LNEN ve LNGDP değişkenlerindeki %1'lik bir değişimin, karbon emisyonu üzerinde 0.20 ve 0.04 oranlarında pozitif etkiye sahip olduğu söylenebilir. LNBTC değişkenindeki %1'lik bir değişimin ise karbon emisyonu değişkeni üzerinde 0.13 oranında azalmaya neden olduğu söylenebilir.

Tablo 9. GMM Sonuçları

Bağımlı Değişken: D (LNCO2)				
Uygulanan Analiz: GMM				
Örneklem boyutu: 2014 2020				
Gözlemler: 174				
Değişkenler	Katsayılar	Standart hata	t-istatistiği	Olasılık
LNCO2 (-1)	0. 391767	0. 036069	1. 086***	0. 0000
LNEN	1. 025662	0. 052836	1. 941***	0. 0000
LNGDP	-0. 165778	0. 018680	-8. 874***	0. 0000
LNBTC	-0. 010134	0. 000794	-1. 276***	0. 0000
Effects Specification				
Cross-section fixed (first differences)				
Mean dependent var	-0. 011776	S. D. dependent var		0. 049798
S. E. of regression	0. 038859	Sum squared resid		0. 256709
J-statistic	2. 088354	Instrument rank		25
Prob (J-statistic)	0. 466076			

LNGDP ve LNBTC sonuçlarına bakıldığında LNEN'ye nazaran karbon emisyonu üzerinde negatif bir görünümünün olduğu söylenebilir. Uzun dönemde gelişmiş ve gelişmekte olan ülke gruplarında LNBTC'nin karbon emisyonunu negatif etkilediği görülmektedir.

Tablo 10. VECM Granger Nedensellik Sonuçları

Hipotezler	Gözlem	F-istatistiği	Olasılık
LNEN, LNCO2 Granger nedeni değildir	75	1. 84411	0. 0871
LNCO2, LNEN Granger nedeni değildir		0. 88068	0. 5382
LNGDP, LNCO2 Granger nedeni değildir	75	2. 00476	0. 0618
LNCO2, LNGDP Granger nedeni değildir		2. 43761	0. 0240
LNBTC, LNCO2 Granger nedeni değildir	100	3. 56977	0. 0013
LNCO2, LNBTC Granger nedeni değildir		2. 69639	0. 0109

Dumitrescu ve Hurlin (2012) nedensellik testinde ilk olarak kripto para üretimi karbon emisyonunun Granger nedeni olmadığını ifade eden temel hipotez sınanmıştır. Çıkan sonuçlara göre olasılık değeri $0.10 <$ ise hipotez reddedilir. Ancak tam tersi yani çıkan sonuç olasılık değeri $0.10 >$ ise hipotez kabul edilir. Bu test istatistiklerine göre, temel hipotez reddedilmiştir. Bir başka ifade ile karbon emisyonunun Granger nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkinci olarak ise kripto para üretimi karbon emisyonunun Granger nedeni olmadığını ifade eden temel hipotez sınanmıştır. Buna göre, kripto para üretiminin karbon emisyonunun Granger nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra ise enerji kullanımı ve gayrisafi milli hasıla kullanımından kaynaklanan karbon emisyonlarının Granger nedeni olup olmadıkları temel hipotezleri sırasıyla test edilmiştir. Granger nedensellik testinden elde edilen sonuçlara göre LNGDP ile LNCO' arasında %5, LNBTC ile LNCO2 arasında ise %1 önem seviyesinde karşılıklı nedensellik tespit edilmiştir. Ayrıca LNEN'den LNCO2'ye doğru ise %10 önem seviyesinde tek yönlü nedensellik saptanmıştır.

4. SONUÇ

Kripto paralar içinde ilk ve en büyük(hacimce) olma özelliklerini taşıyan Bitcoin üretimini karbon emisyonu üzerindeki etkisi gelişmişlik düzeyi fark etmeksizin ülkeler için önemli bir konudur. Bahsi geçen bu iki değişken yani karbon emisyonu ve Bitcoin üretimi arasındaki ilişkinin şekli iklim kriziyle mücadele başta olmak üzere enerji üretiminde kullanılan kaynaklara, yenilenebilir enerjinin önemine, sürdürülebilir çevre konuları üzerinde önemli bir görev üstlenmektedir. Bu çalışmada, güvenilir kaynaklardan verilerine ulaşılacağı düşünülen ekonomik gelişmişlik düzeyi farklı olan ülke gruplarının enerji harcamaları, karbon emisyonu, gelir düzeyleri (GSYİH), Kripto paralardan Bitcoin üretimi arasındaki ampirik ilişki yapılan panel veri analiz yoluyla incelenmiştir. Benzer çalışmalar önceki yıllarda yapıldığında, sonuçlar değişkenlerin ve yıl aralıklarının farklı olması sebebiyle değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin; Koçak ve Uçan 2023 yılında yaptıkları çalışmada kripto para ticaretinin en fazla gerçekleştiği beş ülke; Amerika Birleşik Devletleri, Seyşeller, Güney Kore, Japonya ve Birleşik Krallık ülkelerinin 2013-2021 yıllarına ait ekonomik büyüme, enerji tüketimi, kripto para ticareti ile çevre kirliliğinin göstergesi olan karbon salınımı arasındaki ilişki panel veri analizi kullanarak ölçülmüştür. FGLS testiyle yapılan analize göre kripto ticaretinin yaygın olarak yapıldığı ülkelerde enerji tüketimi ve kripto para işlemlerinin karbon salınımını arttırdığı belirlenirken ekonomik büyüme ile karbon salınımı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. (Koçak ve Uçan, 2023). Schinkus C. 2020, ARDL sınır testi kullanarak yaptıkları çalışmada piyasada kullanılan ve verilerine erişilebilen kripto para birimlerinin ticaret işlemlerinin (alım-satım) kısa ve uzun vadede enerji harcamaları üzerinde pozitif bir etki yarattığını, bahsi geçen pozitif etkinin enerji

sektöründe uzun süreli etkilerinin görülebileceğini iddia etmişlerdir. (Schinckus, 2020). Elde edilen bulgulara göre çalışmaya dahil edilen ülkelerin belirlenen değişkenler doğrultusunda karbon emisyonuyla aralarında uzun dönemli ve negatif bir ilişkiye rastlanılmıştır. Değişkenler arasında nedensellik ilişkine bakıldığı Granger testlerinde kripto para üretiminden karbon emisyonuna doğru tek yönlü işleyen nedensellik saptanmış ancak aynı nedensellik testinde enerji tüketimi ve gayrisafi yurt içi hasıla arasında nedensellik tespit edilememiştir. Di febo vd.2021, değişken olarak BTC fiyatı ile karbon kredisi piyasasını ele aldıkları çalışmada MVQM-CAVIAR modeli ve Granger nedensellik testini kullanmıştır. Sonuç olarak BTC fiyatının karbon piyasasını ciddi düzeyde etkilediğini, bunun yanında karbon kredi piyasasının BTC fiyatı üzerinde nedensellik ilişkisi olmadığını belirtmiştir. (Di Febo vd, 2021). Erdoğan vd.2018, 2010M8-2021M1 dönemini kapsayan Bitcoin, Ripple, Ethereum kripto para taleplerinin çevre ve karbon emisyonu üzerindeki etkilerini ölçmek için asimetrik nedensellik testini kullanmışlardır. Kripto para talebi göstergesini belirlenen para birimlerinin kapanış fiyatı oluşturmuştur. Toda-Yamamoto ve Bootstrap-Düzeltilmiş Toda-Yamamoto testleri yapılmış; Ripple ile çevresel bozulma arasında nedensellik olmadığı tespit edilirken, Bitcoin ve Ethereum'dan karbon emisyonuna doğru nedensellik tespit edilmiştir. Fourier Toda-Yamamoto test sonucunda durum daha farklıdır. Ethereum'dan karbon emisyonu nedensellik tespit edilmemiş, Bitcoin ve Ripple'dan karbon emisyonuna doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, asimetrik nedenselliğin, Bitcoin talebinin pozitif şokundan, Ripple ve Ethereum taleplerinin negatif şoklarından, çevresel bozulmanın pozitif şoklarına kadar nedensellik ilişkisi olduğunu savunmuştur. (Erdoğan vd, 2022). Doğan vd.2022, 17 Eylül 2014 – 12 Ekim 2021 dönemine ait günlük veriler ve Bitcoin, karbon emisyonu, çevre dostu enerji değişkenlerini kullanarak Granger nedensellik analizi yapmışlardır. Sonuca göre çevre dostu enerji ve karbon emisyonu BTC ile nedensellik ilişkisi kurmaktadır. BTC üretimi için harcanan enerjinin çevre dostu enerji kaynaklarından tedarik edilebileceği dolayısıyla çevresel bozulmanın az olabileceği iddia edilmiştir (Doğan vd, 2022). Miśkiewicz vd.2022, Pedroni ve Kao eşbütünleşme testi, Granger nedensellik testi, FMOLS ve DOLS sınır testleriyle kripto para alım-satımı, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacıyla çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Yazarlar, artan kripto para ticaretinin GSYH, sabit sermaye oluşumu ve küreselleşmeye sebep olduğunu fakat uzun vadede kripto para alım-satımı (ticareti) ile yenilenebilir enerji kullanım payı arasında nedensellik ilişkisi kurulmadığını tespit etmişlerdir. (Miskiewicz vd, 2022). Hong ve Zhang tarafından yapılan çalışmada 2013-2020 dönemine ait ekonomik büyüme, enerji kullanımı, Bitcoin ticareti ve CO2 emisyonu değişkenleri kullanılarak panel veri analizi yapılmıştır. Araştırmada, Bitcoin ticareti, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi, uzun vadeli bir perspektiften bakıldığında CO2 emisyonları üzerinde pozitif etki bıraktığı görülmüştür. CO2 emisyonlarının her üç belirleyiciyle de çift nedenli bir korelasyona sahip olduğu görülmüştür (Hong ve Zhang, 2023).

Bu çalışmanın sonucu önceki çalışmalardan bazı açılardan farklı sonuçlar göstermiştir. Bunun nedeni kullanılan değişkenler ve ülke grupları kaynaklı düşünülebilir. Aynı zamanda çalışmada kullanılan yıl aralığının farklı olması da (2013'ten 2020'ye kadar Bitcoin ticareti yapan 25 gelişmekte olan piyasa ekonomisi) sonucu etkilemiştir. Değişkenler arası korelasyon ilişkisi ve tanımlayıcı istatistik sonuçları; standart sapma, ortalama, JB, çarpıklık,

basıklık katsayıları önceki araştırmalara göre farklıdır. Birim kök testlerinin durağan olmaması, söz konusu değişkenlerin tümü için birinci farktaki birim kök özelliklerinin reddedildiğini gösterir. Ayrıca Karbon emisyonu ve Bitcoin üretimi arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelediğimiz Pedroni eşbütünleşme test sonuçlarına bakıldığında H_0 hipotezi (seriler arasında eşbütünleşme yoktur) reddedilmiştir. Test sonuçlarından panel istatistiklerinin dördü %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Grup istatistiklerinden Grup rho-istatistiği %5 önem düzeyinde diğer PP ve ADF %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Genel olarak hem panel hem de grup istatistiklerinin incelendiği yedi testin olasılık anlam düzeyi yorumlandığında seriler arasında eşbütünleşme olduğu görülmektedir. Kao eşbütünleşme testine göre de H_0 hipotezi (seriler arasında eşbütünleşme yoktur) reddedilmiştir. ADF olasılık sonucu %5 önem düzeyinde anlamlıdır. Dolayısıyla alternatif hipotez (seriler arasında eşbütünleşme vardır) kabul edilmiştir. Uzun dönemde Karbon emisyonu ve Bitcoin üretimi arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu çıkarımı yapılabilir. Bu bağlamda uzun dönemde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde Karbon emisyonu ve Bitcoin üretimi arasında birlikte hareket söz konusudur ve yapılan analizler değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğunu göstermektedir. ARDL sınır testine göre t-istatistik değeri LNBTC için-7. 41, LNEN İÇİN 13. 70, LNGDP içinde 54.70 olarak görülmektedir. ARDL sınır testine göre %1, %5, %10 anlamlılık derecelerinde eşbütünleşme olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Karbon emisyonunun bağımlı değişken olduğu modelde BTC değişkeninde meydana gelen bir birimlik değişme karbon emisyonunda - 0.11 oranında azalışa, LNEN meydana gelen bir birimlik değişme karbon emisyonunda 0. 17 oranında artışa, gayri safi yurtiçi hasılda meydana gelen %1'lik bir değişme 0. 06 oranında bir artışa sebep olacaktır. FMOLS test sonuçları panel bazında değerlendirildiğinde katsayılar sırayla LNE 0.20 ve LNGDP 0.04 oranlarıyla beklenildiği gibi pozitif ve istatistiksel olarak %5 önem düzeyinde anlamlı LNBTC -0.13 oranıyla beklenildiği gibi negatif ve %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Yani uzun dönemde LNEN ve LNGDP değişkenlerindeki bir birimlik artış, karbon emisyonunu 0.20 ve 0.04 önem düzeyinde pozitif bir şekilde etkilemektedir. Ancak LNBTC düzeyindeki bir birimlik azalma karbon emisyonu üzerinde de 0.13 oranında azalmaya neden olmaktadır. GMM testi LNGDP ve LNBTC sonuçlarına bakıldığında LNEN'ye nazaran karbon emisyonu üzerinde negatif bir görünümünün olduğu söylenebilir. Uzun dönemde gelişmiş ve gelişmekte olan ülke gruplarında LNBTC 'nin karbon emisyonunu negatif etkilediği görülmektedir. Son olarak Dumitrescu ve Hurlin (2012) testi şunu vurgulamaktadır: Dumitrescu ve Hurlin (2012) nedensellik testinde ilk olarak Bitcoin üretimi karbon emisyonunun Granger nedeni olmadığını ifade eden temel hipotez sınanmıştır. Çıkan sonuçlara göre olasılık değeri $0.10 <$ ise hipotez reddedilir. Ancak tam tersi yani çıkan sonuç olasılık değeri $0.10 >$ ise hipotez kabul edilir. Bu test istatistiklerine göre temel hipotez reddedilmiştir. Bir başka ifade ile karbon emisyonunun Granger nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkinci olarak ise Bitcoin üretimi karbon emisyonunun Granger nedeni olmadığını ifade eden temel hipotez sınanmıştır. Buna göre, Bitcoin üretiminin karbon emisyonunun Granger nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra ise enerji kullanımı ve gayrisafi milli hasıla kullanımından kaynaklanan karbon emisyonlarının Granger nedeni olup olmadıkları temel hipotezleri sırasıyla test edilmiştir. LNEN \rightarrow LNCO2 etkisi yoktur hipotezi öne atılmıştır. Çıkan sonuç 0.0871 yani $0 < 0.10$ nedensellik olduğu, LNC02 \rightarrow LNEN etkisi vardır hipotezi öne atılmıştır. Çıkan sonuç 0.5382 yani $0 > 0.10$ nedensellik olmadığı tespit edilmiştir. LNEN'den LNCO2'ye doğru tek yönlü

nedensellik olduğu sadece enerji tüketiminden karbon emisyonuna doğru ilişki olduğu tespit edilmiştir. LLEN ve LNGDP değişkeninden CO₂ ye doğru nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Başka bir deyişle, Bitcoin üretimi, ekonomik büyüme ve enerji kullanımı CO₂ emisyonlarında önemli değişikliklere yol açacaktır. İlki, gelişmekte olan piyasa ekonomileri, Bitcoin ticareti için çevre dostu teknoloji sunmayı düşünmelidir. Bilgi teknolojisi endüstrisine yeşil enerji yönetimi kısıtlamaları getirilmelidir. Bunu yapmak karbon emisyon oranında iyileştirmeye katkıda bulunacaktır. Enerji verimliliği ve CO₂ emisyonlarının azaltılabilecektir. İkincisi, gelişmekte olan piyasa ekonomilerindeki mevcut ekonomik büyüme tarzı devam ettirmek zor olabilir çünkü sürekli olarak karbon emisyonu artmaktadır. Karbon emisyonları, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik geniş çapta teşvik edilerek azaltılabilir. Araştırmada yer alan gelişmekte olan ülke ekonomilerin yıllık karbon salınımlarına bakılarak bu çıkarım yapılabilmektedir. Çevre dostu teknolojilerin kullanılması ve karbon emisyonlarına vergi uygulanması da başka bir düzenleme olarak akla gelmelidir. Üçüncüsü, gelişmekte olan piyasa ekonomilerinde enerji kullanım verimliliği nispeten düşüktür. Politika yapıcılar bunu sağlamak için harekete geçmelidir. Enerji sürdürülebilir bir şekilde kaynaklara yönlendirilmeli ve fosil yakıtların tüketimini caydırmak için vergiler uygulanmalıdır. Enerji kullanımındaki artış sonucunda enerji harcamalarının miktarı artmış sanayileşme ve teknolojik gelişmelerin yaşandığına işaret etmiştir. Bu gelişmeler ekonomik gelişmişlik ve ekonomik büyüme düzeyini olumlu etkilemektedir. Enerji kullanımına bağlı olan değişkenler düşünüldüğünde yenilenebilir ve yeşil enerji kaynakları kullanımı arttırılmalı, enerji kaynaklarına ulaşılabilirlik kolaylaştırılmalı ve maliyetler düşürülmelidir. Enerji harcamalarını olumsuz etkileyecek karar ve enerji politikalarından vazgeçilmelidir. Yeşil enerji yatırımı vurgulanmalı ve bu girişimler desteklenmelidir. Önemi giderek artan küresel bir sorun olan CO₂ emisyonları, küresel ekonominin hızlı büyümesi nedeniyle büyük endişe uyandırmaktadır. Önceki çalışmalar esas olarak ekonomik büyümenin ve enerji kullanımının karbondioksit üretimini etkileyip etkilemediğini ve nasıl etkilediğini tartışmakta ancak kripto para biriminin ve özellikle Bitcoin ticaret faaliyetlerinin potansiyel etkisine yönelmemektedir. Bitcoin madenciliği (madencilik havuzlarının büyük bir payı ile) Çin ve Çek Cumhuriyeti gibi gelişmekte olan pazarlarda bulunan enerji tesisleri, çevresel sürdürülebilirliğe zarar veren büyük miktarda enerji kullanımı gerektirmektedir. Buna ek olarak gelişmekte olan ülke ekonomileri, kapsamlı ekonomik kalkınma tarzları nedeniyle ciddi çevre kirliliğe maruz kalmakta ve sürdürülemez enerji kullanımı ortaya çıkmaktadır. Üçüncüsü, gelişmekte olan piyasa ekonomilerinde enerji kullanım verimliliği nispeten düşüktür. Politika yapıcılar bunu sağlamak için harekete geçmelidir. Enerji sürdürülebilir bir şekilde kaynaklara yönlendirilmeli ve fosil yakıtların tüketimini caydırmak için vergiler uygulanmalıdır. Ayrıca, yararlanılan Enerji karışımında daha yüksek oranda yenilenebilir enerjiye geçişte de yatırımcılar teşvik edilmelidir. Mevcut çalışma aşağıda sıralanan birkaç sınırlamaya tabidir. İlk olarak, incelenmeyen daha fazla CO₂ belirleyicisi vardır: Diğer kripto paraların ticareti, blok zincir madencilik faaliyetleri, kullanılan dijital alt yapı türleri, sanayileşme ve kentleşme gibi enerji kullanımını gerektiren alanlar mevcuttur. Gelecekteki araştırmalar daha sağlam bir sonuç için bu değişkenleri de içerebilir. Ancak bu olasılıklar mevcut çalışmada ele alınmamıştır. Gelecekteki analizler, daha geniş bir bulgu kapsamı sağlamak için bu açıyı hedefleyebilir. Bitcoin'in CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin diğer

dijital yatırım araçlarına göre nasıl daha ayırt edilebilir olduğunu araştırmak için Ethereum ve Monero vb. paraların analizi daha ilginç olacaktır. Kripto paraları çeşitlendirmek ve sayıca arttırmak daha fazla deneğe genişletmek ve aralarındaki farklılıkları karşılaştırmak daha fazla fayda sağlayacak farklı göstergelere işaret edecektir. Son olarak nitrojen oksit, kükürt dioksit ve ozon emisyonları gibi gazlar çevresel bozulma da önemli bir sorundur. Bu nedenle gelecek çalışmalarda yalnızca karbon emisyonu üzerinden değil diğer zararlı gazların incelenmesi yararlı olacaktır.

Yayın Etiği Beyanı ve Etik Kurul İzni: Etik kurul izni ve\veya yasal\özel izin alınmasına gerek olmayan bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Katkı Oranı Beyanı: Çalışmada yazarlar eşit oranda katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışmada herhangi bir kurum veya kuruluştan destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı: Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Çarkacıoğlu, A. (2016). Kripto-para bitcoin, Araştırma Raporu, Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Dairesi.
- Çolak, Y. ve Sandalcılar, A. R. (2019). Türkiye’de sanal para değerinin belirleyicileri: Bitcoin üzerine bir uygulama. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(10), 205-232.
- Di Febo, E., Ortolano, A., Foglia, M., Leone, M., & Angelini, E. (2021). From Bitcoin to carbon allowances: An asymmetric extreme risk spillover. *Journal of Environmental Management*, 298, 113384. <https://doi.org/10.1016/j.envman.2021.113384>
- Doğan, E., Majeed, M. T., & Luni, T. (2022). Are clean energy and carbon emission allowances caused by Bitcoin? A novel time-varying method. *Journal of Cleaner Production*, 347, 131089. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131089>
- Durukal O. (2021). *Kamu ve özel sektörde blok zincir teknolojisi*. Nobel Yayın.
- Erdogan, S., Ahmed, M.Y., & Sarkodie, S.A. (2022). Analyzing asymmetric effects of cryptocurrency demand on environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(21), 31723-31733. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17998-y>
- Goodkind, A.L., Jones, B.A., & Berrens, R.P. (2020). Cryptodamages: Monetary value estimates of the air pollution and human health impacts of cryptocurrency mining. *Energy Research & Social Science*, 101281.
- Gökpınar, S. (2021). Blok zinciri teknolojisinin geleceği: Kripto para birimleri ve ötesi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 221-231.
- Griffith, T., & Clancey-Shang, D. (2023). Cryptocurrency regulation and market quality. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 84, 101744.

- Hong, H., & Zhang, C. (2023). Bitcoin trading, economic growth, energy use, and CO2 emissions: An advanced panel study of emerging market economies. *International Review of Economics & Finance*, 519-581.
- Hsu, T. K., Lien, W. C., & Lee, Y. H. (2023). Exploring relationships among crude oil, bitcoin, and carbon dioxide emissions: Quantile mediation analysis. *Processes*, 11(5), 1555. <https://doi.org/10.3390/pr11051555>
- İşgör, M. (2019). *Kripto para birimi olan Bitcoin ve Blockchain teknolojisinin ortaya çıkışı bugüne kadarki gelişim süreci ile gelecekteki durumu* [Yüksek lisans tezi]. Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi.
- Kapusuzoğlu, A., Ceylan, N. ve Karataş, A. E. (2023). The nonlinear relationship between bitcoin mining and carbon emissions in the context of renewable energy. *Renewable Energy Investments for Sustainable Business Projects* (pp. 127-139). Prentice Hall Publisher.
- Koçak, E. ve Uçan, O. (2023). Kripto para ticaretinin çevre kirliliği üzerine etkileri: panel veri analizi. *Journal of Politics Economy and Management*, 6(2), 95-107.
- Mamedov, N. (2022). *Bitcoin ile borsa endeksleri ilişkisi: Yükselen piyasa ekonomileri için panel veri analizi uygulaması* [Yüksek lisans tezi]. Kocaeli Üniversitesi.
- Miśkiewicz, R., Matan, K., & Karnowski, J. (2022). The role of crypto trading in the economy, renewable energy consumption and ecological degradation. *Energies*, 15(10), 3805. <https://doi.org/10.3390/en15103805>.
- Qin, S., Klaaben, L., Gallersdörfer, U., Stoll, C., & Zhang, D. (2019). Bitcoin's future carbon footprint. *Joule*, 1647-1661.
- Robleh, A., Barrdear, J., Clews, R., & Southgate, J. (2014). The economics of digital currencies. *Bank of England Quarterly Bulletin*, 276-286.
- Sadawi, A.A., Madani, B., Saboor, S., Ndiaye, M.M., & Abu-Lebdeh, G. (2021). A comprehensive hierarchical blockchain system for carbon emission trading utilizing blockchain of things and smart contract. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121124.
- Schinckus C., Nguyen C. P., & Ling, F.C.H. (2020). Crypto-currencies trading and energy consumption. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(3), 355. <https://doi.org/10.32179/ijeep.9258>
- Ünalır, B. (2021). *Kripto paraların gelişimi ve dünya finans sektörü içindeki yeri* [Yüksek lisans tezi]. Selçuk Üniversitesi.
- Xiao, Z., Cui, S., Xiang, L., Liu, P., & Zhang, H. (2023). The environmental cost of cryptocurrency: assessing carbon emissions from bitcoin mining in China. *Journal of Digital Economy*, 2, 119-136.

Ye, W., Wong, W., Arnone, G., Nassani, A., & Haffar, M. (2023). Crypto currency and green investment impact on global environment: a time series analysis. *International Review of Economics & Finance*, 86, 155-169.

Yerdelen Tatoğlu, F. (2017). *Panel zaman serileri analizi stata uygulamalı*. Beta Basım Yayım Dağıtım.

Yoruldu, M. ve Arslan, A. (2021), *Pandeminin mali analizi*. Gazi Kitabevi.

Yu, Y., Sharma T., Das S., Wang Y., (2024). Don't put all your eggs in one basket: How cryptocurrency users choose and secure their wallets. *Association for Computing Machinery*, 353, 1-17

Zhang, D., Chen, X., Lau, C., & Xu, B. (2023). Implications of cryptocurrency energy usage on climate change. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122219.

İNTERNET KAYNAKLARI

Academy Binance. (2020). <https://academy.binance.com/tr/articles/who-is-satoshi-nakamoto?hide=stickyBar> (Erişim Tarihi: 01.03.2023).

Atkin, E. (2014). <https://www.abcccevre.com/bitcoin-dogaya-zarar-veriyor.html>, (Erişim Tarihi: 01.03.2023).

Battal Ö. (2021). [https://coinler.us/cevre-dostu-kripto-paralar-nelerdir/\(02.12.2022\)](https://coinler.us/cevre-dostu-kripto-paralar-nelerdir/(02.12.2022))

Başpınar K. (2023). <https://tr.beincrypto.com/kripto-para-okulu/bitcoin-madenciligi-nedir/> (Erişim Tarihi: 01.03.2023).

Can F. (2021). <https://tr.euronews.com/2021/02/09/kripto-paralarin-rekor-kirmasiyla-gundeme-gelen-bitcoin-madenciligi-nedir-nasil-yapilir> (Erişim Tarihi: 02.12.2022).

Coşkun H. (2022). <https://tr.beincrypto.com/kripto-para-okulu/kripto-para-madenciligi-ne-kadar-kazandirir/> (Erişim Tarihi: 01.03.2023).

Formuzis A. (2022). <https://www.ewg.org/news-insights/news-release/2022/03/change-code-not-climate> (Erişim Tarihi: 02.12.2022).

Guneet, K., Küreten, K., Lucrezia, C. (2024). <https://tr.cointelegraph.com/learn/what-is-cryptocurrency> (Erişim Tarihi: 01.03.2024).

Gültekin, A. S. (2018). Bitcoin doğayı mahvediyor. <https://yesilgazete.org/blog/2018/01/03/bitcoin-dogayi-mahvediyor/> (Erişim Tarihi: 01.03.2023).

IN, (2023). Independent. <https://www.independent.co.uk/tech>. (Erişim Tarihi: 01.03.2023).

IEA, (2020). International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review> (Erişim Tarihi: 01.03.2023).

- MFA (2023). Paris Antlaşması. <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> (Erişim Tarihi: 01.03.2023).
- NTV. (2022). Teknoloji/bitcoinin kaynak kodu değişsin kampanyası. <https://www.ntv.com.tr/teknoloji/bitcoinin-kaynak-kodu-degissin-kampanyasi,9-RlwBB6DkO6-jyayXGHPg> (Erişim Tarihi: 01.03.2023).
- Renniers, L. (2023). Kripto paraların kalıcı olacağından artık eminim. <https://www.coindesktrkiye.com/yazarlar> (Erişim Tarihi: 01.03.2023).
- WEC. (2021). Dünya enerji istatistikleri raporu özeti. [https://dunyaenerji.org.tr/bp-2021-dunya-enerji-istatistikleri-raporu-ozeti/\(02.12.2022\)](https://dunyaenerji.org.tr/bp-2021-dunya-enerji-istatistikleri-raporu-ozeti/(02.12.2022))
- World bank. (2022). <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.EG.ZS>. (Erişim Tarihi: 01.03.2023).