

*Araştırma makalesi/Research article***Kripto para ticaretinin çevre kirliliği üzerine etkileri: panel veri analizi¹**Esra KOÇAK²PhD Student, Social Sciences Institute
Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye
esrkck06@gmail.com, 0000-0002-3362-4149

Okyay UÇAN

Professor, Faculty of Economics and Administrative Science
Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye
okuyayucan@ohu.edu.tr, 0000-0001-5221-4682**Geliş tarihi/Received date:** 03.11.2023 **Kabul tarihi/Accepted date:** 13.12.2023**Önerilen alıntılama/Suggested citation:** Koçak, E., & Uçan, O. (2023). Kripto para ticaretinin çevre kirliliği üzerine etkileri: Panel veri analizi. *Journal of Politics, Economy and Management*, 6(2), 95–107.

Öz: Teknolojik gelişme, sanayileşme ve küreselleşmedeki artış dijital dönüşümün hızlı yaşanmasına sebep olmaktadır. Bu dijital dönüşümle birlikte kripto para kullanımı da artmaktadır. Kripto para kullanımında oldukça yüksek düzeyde enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Enerji tüketimindeki bu yoğun artış da beraberinde karbon salınımındaki (CO₂) artışı getirmektedir. Küresel ısınmanın ve çevre kirliliğinin her geçen gün insan yaşamı için tehdit oluşturduğu günümüzde, kripto paraların tükettiği ciddi enerji miktarı da akademik yazında önemli bir eleştiri konusu olmuştur. Bu çalışmada kripto paraların ticaretinde kullanılan enerjinin miktarı ve bunun sebep olduğu çevre kirliliğine dikkat çekilmek istenmiştir. Çalışmada kripto para işlem akışının en çok olduğu Amerika Birleşik Devletleri, Seyşeller, Güney Kore, Japonya ve Birleşik Krallık ülkelerinin 2013-2021 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. Bu ülkeler için ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve kripto para ticareti ile çevre kirliliğinin göstergesi olan CO₂ arasındaki ilişki panel veri analizi ile test edilmiştir. FGLS testi kullanılarak yapılan analiz sonucunda ilgili ülkeler için enerji tüketiminin ve kripto para işlemlerinin CO₂'yi arttırdığı tespit edilirken GDP ile CO₂ arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler: Çevresel sürdürülebilirlik, Enerji tüketimi, Kripto para ticareti, FGLS (Uygun Genelleştirilmiş En Küçük Kareler), Panel veri.

The impacts of cryptocurrency trading on environmental pollution: panel data analysis

Abstract: The increase in technological development, industrialization and globalization causes rapid digital transformation. With this digital transformation, the use of cryptocurrency is also increasing. There is a very high level of energy consumption in the use of cryptocurrency. This intense increase in energy consumption brings with it an increase in carbon emissions (CO₂). In today's world where global warming and environmental pollution pose a threat to human life every day, the significant amount of energy consumed by cryptocurrencies has been an important criticism in the academic literature. This study aims to draw attention to the amount of energy used in the trading of cryptocurrencies and the environmental pollution caused by this. In the study, the data of the United States, Seychelles, South Korea, Japan and the United Kingdom, which have the highest cryptocurrency transaction flows, between 2013-2021 are used. For these countries, the relationship between economic growth, energy consumption and cryptocurrency trade and CO₂, which is an indicator of environmental pollution, was tested with panel data analysis. As a result of the analysis using the FGLS test, it was found that energy consumption and cryptocurrency

¹ Bu çalışma Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde, Prof. Dr. Okyay Uçan danışmanlığında yürütülen doktora tezinden türetilmiştir.

² Correspondence author: Niğde Ömer Halisdemir University, Niğde, Türkiye, esrkck06@gmail.com

transactions increase CO₂ for the relevant countries, while no significant relationship was found between GDP and CO₂.

Keywords: Environmental sustainability, Energy consumption, Cryptocurrency trading, FGLS (Feasible Generalized Least Square), Panel data.

Jel Kodları: Q56, Q57, C23

1.Giriş

Kripto para birimleri, yeni dönemde para ve kriptolojinin bir bileşimi olarak finansal alanda kendine yer bulmuştur. Birçok para birimine kıyasla yeni bir para birimi olan kripto para, piyasaya ilk çıktığında güvenilir olarak düşünülse de şu an dünya çapında kullanımı ciddi boyutlara ulaşmıştır. Pazar hacmi her geçen gün artmakla birlikte, dolaşımda olan kripto para miktarının dünyanın en büyük ekonomilerinden birine sahip olan İngiltere'nin gayri safi yurt içi hasılasıyla eş değer olduğu bilinmektedir(Stoll, Klaaßen & Gallersdörfer, 2019, s. 1647). Son dönemlerin en hızlı değişen ve gelişen piyasası olarak düşünülen kripto para piyasası yasal olarak değerlendirilmektedir. Henüz günlük yaşamda sıkça kullanılsa da birçok yatırımcı kripto paraları yasal ihalelerde kullanmaktadır.

Piyasa değeri ve işlem hacminin hızlı gelişimi finansal piyasalar ve yatırımcılar açısından değerlendirildiğinde normal karşılanabilmektedir. Merkezi bir otoritenin bulunmaması, güvenli bir ortamda alış, satış ve transferi sağlayan platformun olması, bir şifreleme yöntemi kullanarak kullanıcıların kimliğini gizli tutup onlara anonim olma imkanı sunması gibi özellikleri işlem hacmini artırmaktadır. Sağladığı getiri miktarı, üretimin esnek olması ve vergilendirme sisteminin bulunmaması da küresel ölçekte bu piyasanın gelişimini hızlandırmaktadır.

Sistemin sağladığı imkanlar yanında kripto madenciliği sürecindeki enerji tüketimi ve salınladığı karbon emisyonu, bunların yanında elektronik atık miktarı çevresel birçok probleme sebep olmaktadır. Gelecekte var olabilmenin tartışıldığı bu günlerde kripto para ticaretinin sebep olduğu etkiler, çevresel sürdürülebilirlik açısından incelenmek istenmiştir. İktisat yazınında enerji tüketiminin, karbon emisyonunun ve elektronik atık miktarının artması yanında küresel ısınma, iklim değişikliği ve hava kirliliğini getireceği ve şayet bu etkiler azaltılmazsa çevresel sürdürülebilirliğin olumsuz etkileneceği düşünülmektedir (Stoll, Klaaßen & Gallersdörfer, 2019, s. 1647).

Sanayileşme, ekonomik büyüme, nüfus artışı ve teknolojik gelişmeye paralel olarak enerji tüketimi artış göstermektedir. Enerji tüketimindeki bu devasa artış enerji kaynaklarına olan talebi artırmıştır. Küresel milli gelirden aldığı payı artırmaya çalışan ülkeler için enerji kaynakları daha da önemli bir hale gelmiştir. Fosil kaynakların bitmeye yüz tuttuğu ve enerji kaynaklarının çok daha önem kazandığı bu dönemde kripto paraların tükettiği enerjinin devasa boyutlara ulaşması literatürde tartışılmaya başlanmıştır.

Blockchain doğrulama süreci, özel donanım ve çok büyük miktarlarda elektrik gerektirmektedir ve bu elektrik tüketimi aynı zamanda karbon ayak izi anlamına gelmektedir. Blockchain ağında doğrulama işlemi yapılırken kullanılan güç tüketimi karbon emisyonuna çevrilmektedir (Stoll vd., 2019, s. 1646). Kripto paralar finansal açıdan kullanıcılarına ciddi kolaylıklar sağlasa da blockchainlerin tükettiği enerji artışı ile birlikte çevresel sürdürülebilirlik konusundaki problemler, oluşan elektronik atıklar ve gizli anlaşmalarda oluşacak olan riskler göz ardı edilmemelidir.

Literatürde enerji tüketimi ve çevre kirliliğiyle ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Çevre kirliliğini incelerken modelde hem CO₂ hem de ekolojik ayak izini kullanarak kirliliği etkileyen değişkenleri incelemişlerdir. Fakat bunların yanında kripto paraların neden olduğu enerji tüketimi ve bununla birlikte salınladığı karbon salınımını inceleyen çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bütün ülkelerin kalkınabilmeleri için, enerjinin sürdürülebilirliğinin önemli olduğu günümüz şartlarında, teknolojik yeniliklerden çevre sorunlarına çözüm bulabilme ve temiz enerji üretebilme gibi olumlu faydalar üretmesi beklenmektedir. Fakat kripto para madenciliğinin tükettiği enerjinin ciddi boyutları olduğu gözlemlenmektedir. Bu bağlamda çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak kripto para

ticaretinin enerji tüketimi ve dolayısıyla iklim değişikliği üzerindeki etkilerine dikkat çekilmek istenmiştir. İlk olarak literatür çalışması yapılmış, sonrasında ekonometrik teorik altyapıdan bahsedilerek analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Sonuç bölümünde ise elde edilen analiz sonuçları yorumlanmış, politika önerilerine değinilmiş ve gelecekte yapılabilecek çalışma tavsiyelerine yer verilmiştir.

2. Literatür

Karbon emisyonu ile ekonomik büyüme, doğrudan yabancı yatırım, ticari açıklık, küreselleşme gibi birçok makro değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Karbon emisyonu ve enerji tüketimi ile ilişkin çalışmalara yer verilmiştir. Dijital dönüşümün çok hızlı yaşandığı günümüzde kripto paraların ticareti aynı hızda artış göstermiştir. Kripto para ile ilgili çalışmalarda ikilem gözlemlenmiştir ve büyümeyi tetiklediğini savunanların yanında enerji tüketiminin sera gazı emisyonlarındaki artışa sebep olduğunu iddia edenler bulunmaktadır.

Brosens 2017 yılındaki çalışmasında Bitcoin (BTC) madenciliğinin çok fazla işlem gücü ve dolayısıyla elektrik gerektirdiğine değinmektedir. Çalışmada Bitcoin Enerji Tüketim Endeksine göre Bitcoin blok zincirindeki bir işlemin doğrulanması için 200 kWh elektrik tüketildiğine ve bunun Hollanda'da bir evin dört haftalık elektrik maliyeti olduğuna dikkat çekilmektedir. Fakat bankalar arasında güvenilir ilişkiler oluşturulursa bu maliyetin azaltılabileceği savunulmaktadır. Kripto para topluluğunun enerji tüketimi sorununun farkında olduğu ve bu nedenle bu probleme alternatif çözümler arandığı konusuna değinilmiştir.

Malmo 2017 yılındaki çalışmasında, Bitcoin'in fiyatı arttıkça enerji tüketiminin de arttığına değinmektedir. Bitcoin'in güç tüketimi, geleneksel dijital ödemeye kıyasla son derece yüksektir ve bir işlemin, bir ev için bir haftada tüketilen enerji kadar enerji kullanılarak yapıldığına dikkat çekmektedir. Kredi kartı ağından daha verimsiz olduğunu düşünen Malmo, Bitcoin ağının güvenilirliğinin iyileştirilmesi için çok fazla enerjiye ihtiyaç olduğunu savunmaktadır.

Truby 2018 yılındaki çalışmasında Blockchain'in olanaklarının sonsuz olduğunu ve dijital para birimlerinin geliştirilmesi durumunda, iklim finansman programlarına kaynak aktarımıyla birlikte iklim değişikliği sorunlarının çözülmesine yardımcı olabileceğini savunmaktadır. Fakat Bitcoin'i, büyük oranda enerji tüketen ve kıt enerji kaynaklarının verimsiz kullanılmasına sebep olan Blockchain teknolojisinin bir uygulaması olarak tanımlamaktadır. Truby, yüksek enerji tüketen Blockchain teknolojilerinin bu sektöre zarar da vermeden çevresel açıdan sürdürülebilirliğini sağlamak için hükümetlerin devlet politikaları seçeneklerini incelemektedir. Finansal istikrar için dijital para birimlerini düzenleme ve kara para aklamayı azaltmak için önlemleri ortaklaşa uygulamak yani uluslararası işbirliği gerektiği konusuna değinmektedir.

Mengelkamp vd., 2018'deki çalışmalarında blok zincirlerinin yerleştirilmiş enerji piyasalarının işletilmesini kolaylaştırabilecek uygun bilgi sistemleri olduğunu savunmaktadırlar. Yenilenebilir enerji sistemlerinde blockchain tabanlı mikro enerji sistemlerinin avantajları olduğunu ve avantajlardan yararlanabilmek için düzenlemelerin revize edilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar.

De Vries 2018 yılında yaptığı çalışmada, son yıllarda tartışmalara sıkça konu olan Bitcoin madenciliği sürecinde elektrik tüketiminin boyutuna dikkat çekmektedir. Bitcoin ağının bir günde sadece 200.000 işlem gerçekleştirdiği ve işlem başına elektriğin ortalama 300 kWh tüketildiğini ileri sürmektedir. Bu rakam elektrik tüketiminin kişi başına 900 kWh'ı geçtiğini göstermektedir. Bitcoin ağının bu problemini çözmek için Bitcoin geliştirme topluluğu çözümler üretmeye çalışsa da yazar Bitcoin'in büyük bir enerji tüketimi sorunun varlığına ve bu sorunun hızlı bir şekilde büyümekte olduğuna vurgu yapmaktadır.

De Vries'in 2019 yılındaki çalışmasında ise Bitcoin madencilik ağının 2018 yılının tamamı boyunca 40.0 TWh ile 62.3 TWh arasında elektrik enerjisi tükettiği açıklanmaktadır. Bunun Macaristan'ın bir yılda kullandığı elektrikle eş değer olduğu vurgulanmaktadır. Bitcoin madenciliğinin

yenilenebilir enerji ile birleştirmesinde ciddi zorluklar olduğu ve Bitcoin'in çevreye zararının enerji tüketimiyle de sınırlı olmadığı konusuna değinmektedir. Bu da yenilenebilir enerjinin, Bitcoin'in sürdürülebilirlik sorununun çözümünün var olamayacağını ileri sürmektedir.

Andoni vd., 2019 yılındaki çalışmada blok zincir teknolojisinin temellerini araştırmışlardır. Blockchain teknolojisinin enerji şirketleri için yıkıcı olabileceğine değinmektedirler. Yaklaşık 140 blockchain ticari ve araştırma girişiminin gözden geçirilmiş olan çalışmada blockchain teknolojisinin yenilik getirdiği ve faydalı olduğu vurgulanmıştır. Çalışmaya göre Blockchain teknolojisinin enerji endüstrisinin karşılaştığı bazı zorluklara potansiyel olarak çözümler sunabileceği düşünülmektedir. Uygulanan politikalarla birlikte gelecekte enerji sistemleri için karbondan arınma, ademi merkezilik ve dijitalleşme en gerekli olmaktadır. Blockchain zincirler tarafından vaat edilen çözümler, potansiyel olarak enerji tüketicileri için maliyet tasarrufu sağlayabileceğini savunmaktadırlar.

Dilek ve Furuncu 2019 yılında yaptıkları çalışmada, Bitcoin madenciliği ve blockchain teknolojisi incelemiştir. Bitcoin'in tükettiği yüksek miktardaki enerjiye ve bunun çevresel boyutlarına değinmiştir. Bitcoin madenciliğinin artış göstermesi sonucu tüketilen enerjinin küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevresel ve sosyal sonuçlarının olacağına değinmektedirler. Bitcoin işlemleri ve madenciliğinin gerektirdiği enerji, küresel ısınma, hava kirliliği ve hatta ölüm oranlarında artışa neden olur. Çevrenin sürdürülebilirliği, dünyanın gelişimi ve büyümesi için önemlidir. Bitcoin'in enerji tüketiminin çevreye ciddi oranlarda zarar verdiğini düşündükleri çalışmada, bu durumun Bitcoin'in gelişiminde bir engel olarak gördüklerini vurgulamışlardır.

Küfeoğlu ve Özkuran'ın 2019 yılında yaptıkları çalışmada Bitcoin madenciliğinin enerji tüketimini ve güç talebini tahmin etmek için 160 GB Bitcoin blok zinciri verisini kullanılmıştır. Çalışmada, Bitcoin'in madenciliğinde kullanılan enerjinin, 2018 yılına kadar minimum enerji tüketiminin Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'in toplam enerji tüketiminden daha yüksek olacağı sonucuna varılmıştır. Bitcoin fiyatları madenciliği ve dolayısıyla enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla Bitcoin'lerin % 98.44'ünün üretileceği düşünüldüğü 2028 yılına kadar, Bitcoin madenciliği ile enerji tüketimi hakkındaki tartışmaların devam edeceğini ileri sürmüşlerdir.

Schinckus, Nguyen ve Chong 2020 yılında kripto para ticaretinin enerji tüketimi üzerine etkisini ampirik olarak araştırmışlardır. Bu çalışmada 2014-2017 yılları verileri baz alınmıştır ve yapılan analizler sonucunda hem kısa dönemde hem uzun dönemde Kripto para birimleri ticaret hacmi ile enerji tüketimi arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır. Çalışmanın sonucuna göre kripto para ticareti ne kadar artarsa enerji tüketimi yani olumsuz etkisi o oranda artacaktır. Enerji tüketiminin artması çevreye verilen zararı da bir o kadar arttıracaktır.

Khan, Weili, Khan ve Khamphengxay 2021 yılında yaptıkları çalışmada 1985-2018 yılları arasında, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için, ticari açıklığın, yenilenebilir enerji tüketiminin, doğrudan yabancı yatırımların ve turizmin karbon emisyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Gelişmiş ülkelerde ticari açıklık düzeyinin karbon emisyonunu azalttığı belirlenirken, gelişmekte olan ülkelerde ticari açıklığın çevre üzerinde olumsuz etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Doğrudan yabancı yatırımların, gelişmiş ülkelerde karbon emisyonunu artırdığı, gelişmekte olan ülkelerde ise azaltıcı bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Yenilenebilir enerji tüketiminin, karbon emisyonu üzerinde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için olumlu etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır.

Badea ve Mungiu-Pupăzan 2021'deki çalışmada Bitcoin'in ortaya çıkışını, ekonomik ve sosyal çevre üzerindeki etkilerini araştıran çalışmaların analizini yapmayı planladıkları çalışmada, enerji tüketimi ve CO2 emisyonlarının perspektifi ve bunun çevre üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılabilmesi için olası çözümler belirlemek gerektiği sonucuna varılmıştır. Çalışmaya göre Bitcoin'in sürdürülebilirliği, birçok çevresel, ekonomik, sosyal ve ideolojik faktöre bağlıdır. Kesin olan, Bitcoin'in kullanılan enerji tüketimi yoluyla çevre üzerindeki olumsuz etkisi büyük olmasına rağmen, hala dolaşımda ve kullanılıyor olması, bireylerin devlet müdahalesinin olmadığı bir ortama olan isteklerini göstermektedir.

Çevrenin sürdürülebilirliğinin vurgulandığı ve karbon emisyonunu etkileyen değişkenlerin incelendiği birçok çalışmanın olduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan farklı olarak, blockchain kullanımının çevre kirliliği üzerinde etkisi incelenmek istenmiştir. Blockchain işlemlerinin gerektirdiği enerjinin artmasıyla birlikte iklim değişikliği, hava kirliliği ve küresel ısınma gibi problemlerin artacağı düşünülmektedir. Geleceğin parası olarak düşünülen kripto paraların karbon emisyonu üzerindeki etkisine ve çevrenin sürdürülebilirliğinin dünyanın geleceği açısından elzem olduğuna değinilmiştir.

3. Model ve veri analizi

2023 yılı itibariyle, dünya çapında 420 milyondan fazla kripto para kullanıcısının olduğu bilinmekle birlikte küresel sahipliği oranlarının ortalama %4,2 olduğu tahmin edilmektedir. Çalışma, blockchain işlem akışının en çok olduğu Amerika Birleşik Devletleri, Seyşeller, Güney Kore, Japonya ve Birleşik Krallık ülkelerinin 2013-2021 yılları arasındaki verilerine dayanmaktadır (Crystal Blockchain, 2023).

Daha önce birçok çalışmada çevre kirliliğini etkileyen sosyal ve ekonomik faktör araştırılmıştır. Bu çalışmada çevre kirliliğini temsil eden CO₂ bağımlı değişken, Kişi Başına GSYH, enerji tüketimi ve Blockchain işlemleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Literatürde çok fazla yer almayan Uluslararası Blockchain İşlemlerinin tükettiği enerji düşünülerek salgıladığı karbon miktarı incelenmek istenmiştir.

Karbon emisyonu ile bunu etkileyen değişkenler incelendiğinde paneli oluşturan yatay kesitler arasında bağımlılık olup olmadığını belirlemek amacıyla ilk olarak Breusch ve Pagan (1980) Lagrange Multiplier (LM) testi, Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD (Yatay Kesit Bağımlılığı) ve Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen sapması düzeltilmiş Bias-Adjusted Cross Sectionally Dependence Lagrange Multiplier (LMadj) testi kullanılmıştır. Daha sonra Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Homojenite Testi (Δ testi) yapılmıştır. Bu test modeldeki bağımsız değişkenlerin katsayılarının yatay kesitler arası değişiklik gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla kullanılmıştır. Regresyon analizi yaparken hangi modelin kullanılacağını belirlemek amacıyla sırasıyla Chow, Breusch-Pagan ve Hausman, testi kullanılmıştır. Panel veri analizlerinde model tahmini yapılmadan önce elde edilecek olan sonuçların güvenilirliğinin sağlanabilmesi için bazı testlerin uygulanması gerekmektedir. Bu bağlamda varyans probleminin tespiti Poi-Wiggins (2001), modelde bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorununun olup olmadığı VIF testi ile ve serisel korelasyon olarak da tanımlanan otokorelasyon sorununun tespiti de Wooldridge (2002) otokorelasyon testi ile sınanacaktır. Katsayılar tahmin edilirken okorelasyon ve varyans problemiyle karşılaşıldığında sıklıkla Uygun Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (FGLS)” ve “Standart Hataları Düzeltilmiş Panel (PCSE) yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada karşılaşılan sorunlar neticesinde Parks ve Kmenta tarafından 1986’da geliştirilen FGLS testi yapılmıştır.

Karbon emisyonunun farklı birçok değişkenden etkileneceği düşünüldüğünden, çok değişkenli bir model benimsenmiştir. Model kurulurken, Miśkiewicz, Matan ve Karnowski’nin (2022) yılında yaptıkları çalışma takip edilmiştir. Veriler ham haliyle kullanılmış, herhangi bir dönüşüm işlemi yapılmamıştır.

Tablo 1. Modelin değişkenleri

DEĞİŞKENLER	TANIM	BİRİM	KAYNAK
CO ₂	Karbondioksit Emisyonları	Kişi Başına Metrik Ton	WDI
GDP	Kişi Başına GSYH	Kişi Başına Reel GSYH Sabit ABD Doları	WDI
ENC	Enerji Tüketimi	Kişi Başına KG Petrol Eşdeğeri	BP
BT	Uluslararası Blockchain İşlemleri	Alınan Uluslararası Blockchain İşlemleri	Crystal Blockchain

Model denklem (1)'deki gibidir:

$$CO_2 = b_0 + b_1 GDP_{i,t} + b_2 ENC_{i,t} + b_3 BT_{i,t} + u_{i,t} \quad (1)$$

Modelde, i ülkeleri, t zaman boyutunu ve u ise hata terimini ifade etmektedir.

3.1. Yatay kesit bağımlılığı

Panel veri analizlerinde uygulanması gereken yatay kesit bağımlılığı testi, paneli oluşturan birimlerden herhangi birinde meydana gelen makroekonomik şoktan diğer birimlerin etkilenip etkilenmediğini araştırmak için kullanılmaktadır. Yatay kesit korelasyonunun dikkate alınmaması analizde ciddi istatistiki problemlere yol açacaktır. Oluşacak sapmalar ve tutarsız sonuçlardan kaçınmak için yapılacak olan tüm testlerden önce yatay kesit bağımlılığın test edilmesi gerekmektedir.

Yatay kesit bağımlılığını test ederken kullanılan testlerden biri Breusch ve Pagan tarafından 1980'de geliştirilen Lagrange Multiplier (LM) testidir. Bu test çift yönlü korelasyon katsayılarının ortalamasına dayanmaktadır ve zaman boyutunun kesit boyutundan büyük olduğu ($T > N$) durumlarda kullanılmaktadır. Pesaran tarafından 2004'de geliştirilen Cross Section Dependent (CD) test ise hem zaman boyutunun kesit boyutundan büyük hem de tam tersi durumlarda ($T > N$, $N > T$) kullanılmaktadır. Pesaran vd. tarafından 2008 yılında test istatistiğine ortalamayı ve varyansı ekleyerek geliştirilen Bias-Adjusted Cross Sectionally Dependence Lagrange Multiplier (LM_{adj}) testi zaman boyutunun kesit boyutundan büyük olduğu ($T > N$) durumlarda kullanılmaktadır.

Bu testin test istatistiği, asimtotik olarak standart normal dağılım göstermektedir (Pesaran vd., 2008). Testin hipotezleri:

H_0 = Yatay Kesit Bağımlılığı Yoktur.

H_1 = Yatay Kesit Bağımlılığı Vardır.

Tablo 2. Yatay kesit bağımlılığı test sonuçları

Test	CO ₂	GDP	EC	BT
LM	43,5587 (0,0000)	74,4695 (0,0000)	25,4063 (0,0046)	50,4606 (0,0000)
CD	7,5039 (0,0000)	14,4158 (0,0000)	3,4449 (0,0006)	9,0472 (0,0000)
LM _{adj}	1,7982 (0,0721)	8,6163 (0,0000)	2,6339 (0,0084)	6,4526 (0,0000)

Tablo 2.'de, zaman boyutunun kesit boyutundan büyük olduğu durumlarda kullanılan üç farklı testin sonuçlarına yer verilmiştir. Aynı ayrı üç testte de olasılık değerlerinin 0.05 değerinden küçük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar sıfır hipotezinin reddedilir ve alternatif hipotezin ise reddedilemeyeceğini göstermektedir. Başka bir ifadeyle yatay kesitler yani ülkeler arasında bağımlılık tespit edilmiştir. Günümüz dünyasında elde edilen bu sonuçlar anlamlı kabul edilmektedir, bir ülkede oluşan bir iktisadi krizin, bir savaş ya da bir doğal afetin diğer ülkeyi etkilemeyecek olması mümkün görünmemektedir.

3.2.Homojenlik testi

Eğim katsayılarının homojen olup olmadığını tespit etmek amacıyla kullanılan ilk test Swamy tarafından 1970 yılında geliştirilmiştir. Daha sonrasında Pesaran & Yamagata (2008) hem yatay kesit boyutunun hem de zaman boyutunun geniş olduğu daha büyük paneller için ve aynı zamanda küçük örneklerden oluşan paneller için Delta testini ortaya atmıştır.

Büyük örneklem için test istatistiği (Pesaran & Yamagata, 2008, s. 56):

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{S} - k}{2k} \right)$$

Küçük örneklem için test istatistiği:

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{S} - E(\tilde{z}_{it})}{\sqrt{var(\tilde{z}_{it})}} \right)$$

Burada, S; Swamy test istatistiğini, N; yatay kesit sayısını, k; açıklayıcı değişken sayısını ifade etmektedir.

Bu testin hipotezleri:

H₀: β₁ = β (Eğim katsayıları homojendir)

H₁: β₁ ≠ β (Eğim katsayıları homojen değildir).

Tablo 3. Homojenlik test sonuçları

Test	Test İstatistiği	Olasılık Değerleri
Δ	-0,558	0,712
Δ _{adj}	-0,683	0,753

Tablo 3'te görüldüğü gibi iki testte de olasılık değerleri 0.05'ten büyüktür ve bu sebeple H₀ kabul edilmiştir. Bu sonuçlar eğim katsayılarının homojen olduğu sonucuna varmamızı sağlamıştır. Bundan sonra yapılan testlerde yatay kesit bağımlılığını ve homojenliği dikkate alan testlerin seçilmesine dikkat edilecektir. Gözlem sayısı düşük olduğu için birim kök testi yapılmadan devam edilmiştir.

3.3. Modelin tahmin edilmesi

Panel veri analizlerinde regresyon modelini tahmin ederken, sabit etkili model (fixed-effects), rassal etkiler (random-effect) ve havuzlanmış model (pooled-effects) olmak üzere üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Sabit etkili modellerin katsayıları, zamana veya birime göre değişiklik göstermektedir, her yatay kesitin kendi sabiti bulunmaktadır. Rassal etkili modelde sabitler ortaktır ve hata teriminden etkilenmektedir. Havuzlanmış modelde, her ülke firma ya da birey aynı özellikte olduğu kabul edilmektedir. Hangi modelin kullanılacağını belirlemek için öncesinde bazı testlerin uygulanması gerekmektedir. Bu testler Chow, Breusch-Pagan ve Hausman, testidir (Oğuz ve Sökmen, 2020, s. 216).

Breusch-Pagan testi verilerin birimlere göre değişiklik gösterip göstermediğini belirlemek için kullanılmaktadır. Havuzlanmış model ve rassal model arasında hangi modelin kullanılmasının uygun olduğunu tespit etmeye yarayan Breusch- Pagan (BP) (1980) testi hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H₀: Havuzlanmış Etkiler Modeli

H₁: Rassal Etkiler Modeli

Chow (F) testi, birim ve zaman etkilerinin varlığını tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Panel veri analizlerinde kullanılan modelin sabit etkiler modeline göre test edilmesi üzerine kuruludur. Testin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H₀: Havuzlanmış Etkiler Modeli

H₁: Sabit Etkiler Modeli

Hausman testi ise, modelde sabit etkiler mi yoksa rassal etkiler mi tercih edilmeli karar vermek için uygulanmaktadır. Bu test birim ve zaman etkilerinin varlığı tespit edildikten sonra yapılmaktadır (Ekim, Acar & Uçar, 2019, s. 45)

Hausman testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H0=Rassal Etkiler Modeli

H1= Sabit Etkiler Modeli

Tablo 4. Yatay kesitte ve zamanda uygun modelin belirlenmesi

Testin Adı	Yatay Kesitte		Zamanda	
	Test İstatistik	Olasılık Değeri	Test İstatistik	Olasılık Değeri
BP (LM) Test	236,81	0,0000	7,0110	0,1024
F Test	108,0552	0,0000	9,6720	0,2888
Hausman Test	371,1126	0,0000	7,5069	0,0574

Sonuçlar incelendiğinde, yatay kesitte, F testinin sonucundaki olasılık değerinin 0,05'ten küçük olduğu görülmüş ve boş hipotez reddedilmiş ve sabit etkiler modelinin seçilmesi gerektiği gözlemlenmiştir, LM testinin sonuçlarına bakıldığında yine olasılık değerinin 0,05'ten küçük olduğu ve alternatif hipotez olan rassal etkiler modelinin uygun olduğu görülmüştür. Hausman testi uygulandığında olasılık değerinin 0,05'ten küçük olduğu ve sabit etkiler modelinin seçilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Diğer taraftan, zaman boyutunda, F testinin ve LM testinin sonuçlarında olasılık değerinin 0,05'ten büyük olması nedeniyle havuzlanmış etliler modelinin uygun olduğu görülmüştür. Hausman testi sonuçlarına bakıldığında ise rassal etkiler modelinin seçilmesi gerektiği görülmüştür.

Nihayetinde zaman boyutunda havuzlanmış etkiler modelinin ve yatay kesitte sabit etkiler modelinin sonucu Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Katsayı tahmin sonuçları

	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistik	Olasılık Değeri
GDP	0,0124	0,0239	-0,90	0,6048
EC	0,0001	3,2600	5,8938	0,0000
BT	3,5300	3,4200	1,0332	0,3008
C	-0,7271	0,7219	-0,4222	0,6753
	R²		0,9872	
	Düzeltilmiş R²		0,9848	
Ağırlıklı İstatistikler	F-İstatistiği		410,35	
	P-Değeri(F-İstatistiği)		0,0000	
	Durbin-Watson İstatistiği		1,1388	

Sonuçlar incelendiğinde GDP ve BT'nin olasılık değerlerinin %5'ten büyük olduğu yani karbon emisyonu ile aralarında anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte EC'nin olasılık değerinin %5 anlamlılık düzeyinden küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, EC'de meydana gelen bir birim artışın CO₂'yi 0,0001 birim artırdığını göstermektedir.

Panel veri analizlerinde değişen varyans (heteroskedasite), çoklu doğrusal bağlantı veya otokorelasyon problemlerinin olmadığı varsayılmaktadır, Bu problemlerin kurulan modellerde olması elde edilen sonuçların tutarsız ve standart hataların yanlış hesaplanmasına, parametrelerin etkinliğinin kaybolmasına sebep olmaktadır, Bunları gözden kaçırmamak adına model kurulduktan sonra bu sorunların olup olmadığı tespit edilmelidir.

3.4. Değişen varyans, otokorelasyon testi ve çoklu doğrusal bağlantı testi

Değişen varyans, hata terimlerinin varyansının kesitlerin tamamı için farklı olması ve kovaryanslarının sıfıra eşit olmaması olarak tanımlanmaktadır. Zaman seri analizlerinde olduğu gibi panel veri analizlerinde de bu sorunla sık sık karşılaşılmaktadır. Regresyon analizlerinde, değişen varyans gibi hata

terimleri arasında ilişki olarak tanımlanan otokorelasyon da önemli bir problem olarak görülmektedir. Hata terimlerinin birbirini izleyen değerleri arasında anlamlı ilişki olması panel veri analizlerinde tutarsız sonuçlara ve sapmalara sebep olmaktadır (Korkmaz, Yıldız & Gökbulut, 2010, s. 101). Çalışmada değişen varyans probleminin tespiti için Poi-Wiggins (2001), serisel korelasyon olarak da tanımlanan otokorelasyon sorununun tespiti için Wooldridge (2002) ve bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorununun olup olmadığı VIF (Varyans Enflasyon Faktörü) testi kullanılmıştır.

Tablo 6. Değişen varyans, otokorelasyon ve çoklu doğrusal bağlantı testi sonuçları

Test Adı	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Poi-Wiggins	1114,00	(0,0000)
Wooldridge	899,547	(0,0000)
Değişkenler	VIF	1/VIF
GDP	1,05	0,9514
EC	1,09	0,9205
BT	1,07	0,9354
Ortalama VIF	1,07	

Model tahmini yapılmadan önce elde edilecek olan sonuçların güvenli olabilmesi için bazı testlerin yapılması gerekmektedir. Bunlardan Poi-Wiggins ve Wooldridge testinin sonuçlarına bakıldığında, her ikisinin de olasılık değerinin 0,05'ten küçük olduğu görülmektedir. Sırasıyla "Değişen Varyans yoktur" ve "Otokorelasyon yoktur" şeklindeki sıfır hipotezleri reddedilmiştir. Yani değişen varyans sorununun mevcut olduğu, hata terimlerinin kovaryansları sıfırdan farklı, varyanslarının tüm kesitler için sabit olmadığı ve hata terimleri arasında otokorelasyon olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda Tablo incelendiğinde VIF istatistik değerlerinin 10'dan küçük olduğu görülmektedir. Bu değerlerin 10'dan küçük olması bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı olmadığı anlamına gelmektedir.

Panel veri analizlerinde, katsayılar tahmin edilirken korelasyon ve varyans problemiyle karşılaşıldığında sıklıkla FGLS testi kullanılmaktadır. Çalışmanın devamında bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla bu test tercih edilmiştir. Parks ve Kmenta tarafından 1986 yılında geliştirilen testin sonuçları Tablo 7'deki gibidir:

Tablo 7. Katsayıları tahmin sonuçları

FGLS (Parks-Kmenta 1986) Tahmin Sonuçları				
CO ₂	Katsayı	Standart Hata	Z değeri	p> z
GDP	-0,0093	0,0104	-0,90	0,367
EC	0,0002	1,7000	121,57	0,000
BT	4,0800	1,9300	2,11	0,035
C	-1,2682	0,0104	-0,90	0,367
Wald $\chi^2(2)$: 19593,25				Prob, χ^2 : 0,0000

Yapılan testler sonucunun GDP ile CO₂ arasında %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. EC' de meydana gelen bir birimlik artışın CO₂'yi 0,0002 birim artırdığı ve çalışmanın yoğunlaştığı BT bağımsız değişkeninde meydana gelen bir birimlik artışın çevre kirliliğinin göstergesi olarak kabul edilen CO₂'yi 4,0800 birim artırdığı tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Dijital dönüşümle birlikte hayatımıza hızlı bir şekilde giren kripto paralar geniş işlem ve güvenlik avantajları sağlamaktadır. Önemli sosyal ve ekonomik faydalara sebep olabilecek kripto para teknolojilerinin gelişimini devam ettirebilmeleri için sera gazı emisyonlarını ve yüksek enerji tüketerek

neden olduğu olumsuz çevresel problemleri azaltmak gerekmektedir. Çünkü ihtiyaç duyduğu kaynak yoğunluğu devasa boyutlara ulaşmıştır. Bu da artık hayatta kalmak için bağımlı olduğumuz çevreyi ve iklim şartlarını tehdit etmektedir, Bitcoin madenciliği ve işlemlerinin enerji tüketimlerini azaltmak ve zaten doğada kıt olan enerji kaynaklarının verimsiz kullanımına engel olunması gerekmektedir. Dünya hükümetleri, Paris Anlaşması yoluyla iklim değişikliği ve iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerini aynı zamanda enerji tüketimini azaltmak için adımlar atmaktadır (Truby, 2018, ss. 400-401).

New York'ta 22 Nisan 2015 yılında düzenlenen, 175 ülkenin imza attığı Paris antlaşmasıyla insan kaynaklı sera gazı salınımlarının 2 °C'yi geçmemesi hedeflenmiştir. Paris antlaşmasına rağmen geçtiğimiz yüzyılda, fosil yakıtların kullanımı ve endüstriyel faaliyetlerdeki artıştan kaynaklı sera gazı seviyesinde ciddi ve istikrarlı bir artış yaşanmıştır. Yatırım ve ödeme sistemi olarak daha fazla kullanılan Bitcoin'in tek başına küresel ısınmayı otuz yıldan daha az bir sürede 2 °C'nin üzerine çıkarmaya yetecek kadar CO₂ emisyonunu üretebileceği düşünülmektedir (Mora vd., 2018, s. 932).

Çalışmada son dönemlerde oldukça dikkat çeken bir sektör olan kripto paraların ticareti ile çevre kirliliği arasındaki ilişki incelenmektedir. Sektörün devam edebilmesi için enerji tüketiminin azaltılması gerektiği açıktır. Sadece bir kripto para ağının bile bir günde sadece 200,000 işlem gerçekleştirdiği ve işlem başına elektriğin ortalama 300 kWh tükettiği ileri sürülmektedir. Bu rakam elektrik tüketiminin kişi başına 900 kWh'ı geçtiğini göstermektedir. Kripto para ticaretinde büyük bir enerji tüketimi sorunun varlığına ve bu sorunun hızlı bir şekilde büyümekte olduğuna vurgu yapmak gerekmektedir (Vries, 2018, s. 801).

Kripto para ticareti ne kadar artarsa enerji tüketimi yani olumsuz etkisi o oranda artacaktır, enerji tüketiminin artması çevreye verilen zararı da bir o kadar arttıracak düşünülmemektedir. Çalışmada da kripto para kullanımındaki bir birim artış karbon emisyonunu 4,0800 birim arttırdığı sonucuna ulaşılması bu düşüncüyü destekler niteliktedir. Elde edilen bu rakam dikkat edilmesi gereken bir orandır.

Kripto para teknolojisi sektörünün zarar görmemesi için, çevresel açıdan sürdürülebilir gelişiminin nasıl teşvik edileceği araştırılmaya devam edilmelidir. Çevre kirliliği göstergesi olarak kullanılan CO₂ dışında verdiği zararlara değinmek için modele farklı değişkenler dahil edilebilir. Enerji tüketimini azaltmayı hedefleyen politika araçları, dijital para birimlerine yönelik yasa ve maliye politikası yaklaşımları üretilmeye devam edilmelidir.

Kaynakça

- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and sustainable energy reviews*, 100, 143-174. doi:10.1016/j.rser.2018.10.014
- Badea, L., & Mungiu-Pupăzan, M. C. (2021). The economic and environmental impact of Bitcoin. *IEEE access*, 9, 48091-48104.
- Breusch, T.S. & Pagan, A.R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The review of economic studies*, 47(1), 239-253. doi:10.2307/2297111
- Brosens, T. (2017). Why bitcoin transactions are more expensive than you think, ING. *Economic and Financial Analysis, Global Economics*.
- Crystal Blockchain* (2023). <https://crystalblockchain.com/geography-of-international-blockchain-transactions/> (Erişim 01.10.2023)
- de Vries, A. (2018). Bitcoin's growing energy problem. *Joule*, 2(5), 801-805. doi:10.1016/j.resconrec.2021.105901

- Dilek, Ş., & Furuncu, Y. (2019). Bitcoin mining and its environmental effects. *Atatürk üniversitesi iktisadi ve idari bilimler dergisi*, 33(1), 91-106.
- Ekim, N., Acar, M., & Uçan, O. (2019). Entelektüel sermayenin finans sektöründe değer yaratmadaki rolü: Türk bankacılık sektöründe bir araştırma. *Verimlilik dergisi*, (4), 37-63.
- Khan, H., Weili, L., Khan, I., & Khamphengxay, S. (2021). Renewable energy consumption, trade openness, and environmental degradation: a panel data analysis of developing and developed countries. *Mathematical problems in engineering*, 2021, 1-13. doi:10.1155/2021/6691046
- Korkmaz, T., Yıldız, B., & Gökbulut, R. (2010). FVFM'nin İMKB ulusal 100 endeksindeki geçerliliğinin panel veri analizi ile test edilmesi. *İstanbul üniversitesi işletme fakültesi dergisi*, 39(1), 95-105.
- Küfeoğlu, S. & Özkuran, M. (2019). Bitcoin mining: A global review of energy and power demand. *Energy research & social science*, 58, 101273. doi:10.1016/j.erss.2019.101273
- Malmo, C. (2017), One bitcoin transaction consumes as much energy as your house uses in a week, *Vice (blog)*, 2017 (November, 1).
- Mengelkamp, E., Gärtner, J., Rock, K., Kessler, S., Orsini, L., & Weinhardt, C. (2018). Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid. *Applied energy*, 210, 870-880. doi:10.1016/j.apenergy.2017.06.054
- 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. doi:10.3390/en15103805
- Mora, C., Rollins, R. L., Taladay, K., Kantar, M. B., Chock, M. K., Shimada, M., & Franklin, E. C. (2018). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2 C. *Nature Climate Change*, 8(11), 931-933.
- Oğuz, S., & Sökmen, A.G. (2020). Araştırma geliştirme harcamalarının yüksek teknolojlili ürün ihracatına etkisi: OECD ülkeleri üzerine bir panel veri analizi. *International journal of economic & administrative studies*, 2020(27), 209-221.
- Parks, R.W. (1967). Efficient estimation of a system of regression equations when disturbances are both serially and contemporaneously correlated. *Journal of the american statistical association*, 62(318), 500-509. doi:10.2307/2283977
- Pesaran, M.H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/18868/1/cesifo1_wp1229.pdf (Erişim 01.10.2023)
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The econometrics journal*, 11(1), 105-127. doi:10.1111/j.1368-423X.2007.00227.x
- Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of econometrics*, 142(1), 50-93. doi:10.1016/j.jeconom.2007.05.010
- Schinckus, C., Canh, N.P., & Ling, C. H. (2020). Crypto-currencies trading and energy consumption. *International Journal of energy economics and policy*, 10(3), 355-364. doi:10.32479/ijeep.9258
- Stoll, C., Klaaßen, L., & Gallersdörfer, U. (2019). The carbon footprint of bitcoin. *Joule*, 3(7), 1647-1661. doi:j.joule.2019.05.012
- Swamy, P.A. (1970). Efficient inference in a random coefficient regression model. *Econometrica: journal of the econometric society*, 311-323. doi:10.2307/1913012
- Truby, J. (2018). Decarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of Blockchain technologies and digital currencies. *Energy research & social science*, 44, 399-410. doi:10.1016/j.erss.2018.06.009

Poi, B., & Wiggins, V. (2001). Testing for panel-level heteroskedasticity and autocorrelation. *StataCorp LP*. <https://www.stata.com/support/faqs/statistics/panel-level-heteroskedasticity-and-autocorrelation/> (Erişim 01.10.2023)

Wooldridge, J.M. (2002). *Econometric analysis of cross section and panel data*. Cambridge MA: MIT Press.

Extended Abstract

Energy consumption increases parallel with industrialization, economic growth, growth of population and technological development. This huge increase in energy consumption also increases the demand for energy resources. Energy resources have become even more important for countries trying to increase their share of global national income. In this period when fossil resources are about to be consumed and energy resources have become much more important, the enormous energy consumption of cryptocurrencies has begun to be discussed in the literature.

Cryptocurrencies found a place in the financial field as a combination of money and cryptology in the new era. Cryptocurrency, a new currency in comparison with many other currencies, was considered unreliable when it first appeared on the market, but its worldwide uses now reached serious dimensions. While the market volume is increasing day by day, it is known that the amount of cryptocurrency in circulation is equivalent to the gross domestic product of the UK, which has one of the largest economies in the world. Considered to be the fastest changing and developing market of recent times, the cryptocurrency market is considered legal. Although it is not yet frequently used in daily life yet, many investors use cryptocurrencies in legal tenders.

It is seen that there are many studies emphasizing environmental sustainability and examining the variables affecting carbon emissions. Distinctly, the impact of blockchain use on environmental pollution is examined in this study. With the increase in the energy consumption resulting from blockchain transactions, problems such as climate change, air pollution and global warming are thought to be increased. Cryptocurrencies, considered as “money of the future”, has an impact on carbon emissions and the sustainability of the environment, which is essential for the future of the world.

There are many studies in the literature on energy consumption and environmental pollution. While examining environmental pollution, they examined the variables affecting pollution by using both CO₂ and ecological footprint in the model. However, there are very few studies that examine the energy consumption and carbon emissions caused by cryptocurrencies. In today's conditions where energy sustainability is important for the development of all countries, technological innovations are expected to produce positive benefits such as finding solutions to environmental problems and producing clean energy. However, it is observed that the energy consumed by cryptocurrency mining has serious dimensions. In this context, unlike other studies, this study aims to draw attention to the effects of cryptocurrency trade on energy consumption and thus climate change. First, a literature study is submitted, then the econometric theoretical background is mentioned, and the analysis results are presented. In the conclusion section, the results of the analysis are interpreted, policy recommendations are made and suggestions for future studies are given.

This study aims to draw attention to the amount of energy used in the trade of cryptocurrencies and the environmental pollution as a result. In the study, the data of the United States, Seychelles, South Korea, Japan and the United Kingdom, which have the highest cryptocurrency transaction flows, between 2013-2021 are used. For these countries, the relationship between economic growth, energy consumption and cryptocurrency trade and CO₂, which is an indicator of environmental pollution, is tested with panel data analysis. As a result of the analysis using the FGLS test, it was found that energy consumption and cryptocurrency transactions increase CO₂ for the relevant countries, while no significant relationship was found between GDP and CO₂.

Yazar katkıları/Author contributions: Çalışmanın tüm aşamaları yazarlar tarafından eşit şekilde tasarlanmış ve hazırlanmıştır.

Çıkar çatışması beyanı/Conflict of interest statement: Bu çalışmada, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Veri kullanılabilirliği bildirimini/The data availability statement: Herhangi veri bulunmamaktadır.

Etik beyanı/ Ethics statement: “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi”nde belirtilen tüm kurallara uyulmuştur.