



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ULUSLARARASI TİCARET VE FİNANSMAN ANABİLİM DALI
ULUSLARARASI TİCARET VE FİNANSMAN BİLİM DALI**

**MERKEZİYETSİZ FİNANS UYGULAMALARI VE MERGE SONRASI
KRİPTO VARLIKLARIN ELEKTRİK TÜKETİMİ, KARBONDİOKSİT
EMİSYONU, FİYAT İLİŞKİSİ: SEÇİLMİŞ COIN VE TOKENLER ÜZERİNE
BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELTEM BİLİRER

DANIŞMAN: PROF. DR. FEYYAZ ZEREN

**YALOVA
HAZİRAN 2024**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET VE FİNANSMAN ANABİLİM DALI
ULUSLARARASI TİCARET VE FİNANSMAN BİLİM DALI

MERKEZİYETSİZ FİNANS UYGULAMALARI VE MERGE SONRASI KRİPTO
VARLIKLARIN ELEKTRİK TÜKETİMİ, KARBONDİOKSİT EMİSYONU,
FİYAT İLİŞKİSİ: SEÇİLMİŞ COIN VE TOKENLER ÜZERİNE BİR
UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELTEM BİLİRER
228124002

DANIŞMAN: PROF. DR. FEYYAZ ZEREN

YALOVA
HAZİRAN 2024

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım “Merkeziyetsiz Finans Uygulamaları ve Merge Sonrası Kripto Varlıkların Elektrik Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu, Fiyat İlişkisi: Seçilmiş Coin ve Tokenler Üzerine Bir Uygulama” başlıklı bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

İmza

Meltem BİLİRER

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, akademik anlamda bana her zaman destek olan, değerli fikirleriyle bana yön veren, yoğun çalışma temposuna rağmen zaman ayırma nezaketini göstererek yaptığı müdahaleler ve verdiği dönütler ile sürecin sağlıklı işlenmesini sağlayan, meslek sevgisi ve sabrıyla bana örnek olan, öğrencisi olmaktan büyük mutluluk duyduğum değerli danışman hocam Prof. Dr. Feyyaz ZEREN'e teşekkürlerimi sunarım. Her anımda bana inanarak yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bana olan güvenlerini hiçbir zaman kaybetmeyen anneme ve babama teşekkürü bir borç bilirim.

HAZİRAN – 2024

Meltem BİLİRER





İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ	1
2. MERKEZİYETSİZ FİNANS (DeFi)	7
2.1. Merkeziyetsiz Finansın Tanımı, Gelişim Süreci, Avantaj ve Dezavantajları ...	7
2.1.1. Merkeziyetsiz Finans Tanımı	7
2.1.2. Merkeziyetsiz Finansın Gelişim Süreci.....	9
2.1.3. Merkeziyetsiz Finansın Avantaj ve Dezavantajları	12
2.2. Merkeziyetsiz Finans Uygulamaları.....	14
2.2.1. Eşten Eşe (P2P) ağ sistemi ve dağıtık defter teknolojisi (Distributed ledger technology)	14
2.2.2. Blokzincir	15
2.2.3. Akıllı sözleşmeler	17
2.2.4. Merkeziyetsiz finasta borsalar	18
2.2.5. Yearn Finance (YFI)	19
2.2.6. Merkeziyetsiz finasta sigorta sistemi	19
2.2.7. Hegic	21
2.2.8. Merkeziyetsiz otonom kuruluşlar	21
2.2.9. Filecoin.....	22
2.2.10. Oracle	23
2.2.11. Merkeziyetsiz finasta cüzdan çeşitleri.....	24
3. KRİPTO VARLIKLAR VE ÇEVRESEL ETKİLERİ.....	27
3.1. Kripto Varlıklar	27
3.1.1. Bitcoin.....	27
3.1.2. Ethereum.....	28
3.1.3. Shiba Inu.....	28
3.1.4. Chainlink	29
3.2. Uzlaşma Protokolleri	30

3.2.1. İş Kanıtı (Proof of Work).....	30
3.2.2. Hisse Kanıtı (Proof of Stake)	31
3.3. Çevre Kirliliği ve İklim Değişikliği	32
3.3.1. Çevre kirliliği	32
3.3.1.2. Çevre kirliliğine neden olan faktörler	33
3.3.3.3. Çevre kirliliği türleri	35
3.3.2. İklim değişikliği.....	40
4. UYGULAMA.....	46
4.1. Literatür Taraması	46
4.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi	50
4.3. Araştırmanın Kısıtları.....	51
4.4. Veri Seti.....	52
4.5. Tanımlayıcı İstatistikler.....	60
4.6. Araştırmanın Modeli	63
4.7. Araştırmanın Hipotezleri	65
4.8. Araştırma Yöntemi.....	68
4.8.1. Fourier ADF (FADF) birim kök testi	68
4.8.2. Fourier Granger nedensellik testi	70
4.8.3. Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi.....	71
4.8.4. Fourier ARDL sınır testi	72
4.8.5. Fourier ADL eşbütünleşme testi.....	73
4.9. Ampirik Bulgular	74
4.9.1. Fourier ADF birim kök testi.....	74
4.9.2. Fourier nedensellik testleri	77
4.9.3. Fourier ARDL sınır testi ve Fourier ADL eşbütünleşme testi	81
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	90
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	112

KISALTMALAR LİSTESİ

ADL	: Otoresif Gecikmesi Dağıtılmış Eşbütünleşme Testi (Autoregressive Distributed Lag Cointegration Test)
ARDL	: Gecikmesi Dağıtılmış Sınır Testi (Autoregressive Distributed Lag Bound Test)
BTC	: Bitcoin
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
CH ₄	: Metan
DAO	: Merkeziyetsiz Otonom Kuruluşlar
DApp	: Merkeziyetsiz Uygulamalar (Decentralized Application)
DLT	: Dağıtık Defter Teknolojisi (Distributed Ledger Technology)
DeFi	: Merkeziyetsiz Finans (Decentralized Finance)
EKK	: En Küçük Kareler
ETH	: Ethereum
H ₂	: Hidrojen
H ₂ SO ₃	: Kükürtlü Asit
H ₂ SO ₄	: Sülfürik Asit
LF-VAR	: Düşük Frekanslı Vektör Otomatik Regresyon
LINK	: Chainlink Token
MF-VAR	: Karma Frekanslı Vektör Otomatik Regresyon
MÖ	: Merge Öncesi
MS	: Merge Sonrası
NFT	: Değiştirilemez Token (Non-Fungible Token)
NO	: Azot monoksit
NO _x	: Azot oksitler
N ₂ O	: Diazot monoksit
O ₃	: Ozon
Pb	: Kurşun
PIN	: Kişisel Kimlik Numarası
P2P	: Eşten-Eşe Ağ Sistemi (Peer-to-Peer Network System)
SO _x	: Kükürt Oksitler
SO ₂	: Kükürt Dioksit
SO ₃	: Kükürt Trioksit
SO ₄	: Sülfat
VAR	: Vektör Otoresif
YFI	: Yearn Finance



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Tanımlayıcı istatistikler	61
Tablo 4.1. (Devam) Tanımlayıcı istatistikler	62
Tablo 4.2. Fourier ADF Birim Kök Testi Sonuçları.....	75
Tablo 4.2. (Devam) Fourier ADF Birim Kök Testi Sonuçları	76
Tablo 4.3. Fourier Toda-Yamamoto ve Fourier Granger Nedensellik Testi Sonuçları	78
Tablo 4.3. (Devam) Fourier Toda-Yamamoto ve Fourier Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	79
Tablo 4.4. Fourier ARDL Sınır Testi (Bitcoin).....	82
Tablo 4.4. (Devam) Fourier ARDL Sınır Testi (Bitcoin)	83
Tablo 4.5. Fourier ARDL Sınır Testi (Ethereum)	83
Tablo 4.5. Fourier ARDL Sınır Testi (Shiba Inu)	84
Tablo 4.5. (Devam) Fourier ARDL Sınır Testi (Shiba Inu).....	85
Tablo 4.6. Fourier ARDL Sınır Testi (Chainlink)	85
Tablo 4.6. (Devam) Fourier ARDL Sınır Testi (Chainlink)	86
Tablo 4.7. Fourier ADL Eşbütünleşme Test Sonuçları.....	86

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Dağıtık Defter Teknolojisi Şeması (BTK, 2020)	15
Şekil 2.2. Blokzincirin Temel Çalışma Aşamaları (Karahan ve Tüfekçi, 2019)	16
Şekil 2.3. Akıllı Sözleşme Konsepti (Afrianto vd., 2023)	18
Şekil 2.4. Nexus Mutual- Sigorta Talep Akış Şeması (Zhao vd., 2022)	20
Şekil 2.5. Oracle Çalışma Şeması (El Betioui vd., 2023)	24
Şekil 3.1. Hisse Kanıtı (Proof of Stake) İşleyiş Şeması (Aren, 2023)	32
Şekil 3.2. Ağır metallerin doğaya yayılmasının şematize hali (Kahvecioğlu vd., 2003)	37
Şekil 3.3. Çevre Kirliliği (Kumari ve Das, 2023)	40
Şekil 3.4. Kyoto Protokolü (Şahin, 2016)	43
Şekil 3.5. Paris İklim Anlaşması (Karakaya, 2016; Ergün ve Aksoy, 2023)	43
Şekil 4.1. Bitcoin CO ₂ Emisyonu Grafiği	52
Şekil 4.2. Bitcoin Elektrik Tüketimi Grafiği	52
Şekil 4.3. Bitcoin Fiyat Grafiği	53
Şekil 4.4. Ethereum CO ₂ Emisyonu Grafiği	53
Şekil 4.5. Ethereum Elektrik Tüketimi Grafiği	53
Şekil 4.6. Ethereum Fiyat Grafiği	54
Şekil 4.7. Shiba Inu CO ₂ Emisyonu Grafiği	54
Şekil 4.8. Shiba Inu Elektrik Tüketimi Grafiği	54
Şekil 4.9. Shiba Inu Fiyat Grafiği	55
Şekil 4.10. Chainlink CO ₂ Emisyonu Grafiği	55
Şekil 4.11. Chainlink Elektrik Tüketimi Grafiği	55
Şekil 4.12. Chainlink Fiyat Grafiği	56
Şekil 4.13. Bitcoin CO ₂ Emisyonu Grafiği	56
Şekil 4.14. Bitcoin Elektrik Tüketimi Grafiği	56
Şekil 4.15. Bitcoin Fiyat Grafiği	57
Şekil 4.16. Ethereum CO ₂ Emisyonu Grafiği	57
Şekil 4.17. Ethereum Elektrik Tüketimi Grafiği	57
Şekil 4.20. Shiba Inu Elektrik Tüketimi Grafiği	58
Şekil 4.21. Shiba Inu Fiyat Grafiği	59
Şekil 4.22. Chainlink CO ₂ Emisyonu Grafiği	59
Şekil 4.23. Chainlink Elektrik Tüketimi Grafiği	59
Şekil 4.24. Chainlink Fiyat Grafiği	60

Şekil 4.25. Araştırma Modeli.....	64
Şekil 4.26. Nedensellik Testi Sonuçları Şeması.....	80
Şekil 4.27. Nedensellik Testi Sonuçları Şeması.....	80





MERKEZİYETSİZ FİNANS UYGULAMALARI VE MERGE SONRASI KRİPTO VARLIKLARIN ELEKTRİK TÜKETİMİ, KARBONDİOKSİT EMİSYONU, FİYAT İLİŞKİSİ: SEÇİLMİŞ COIN VE TOKENLER ÜZERİNE BİR UYGULAMA

ÖZET

Dijitalleşmenin etkisiyle teknolojik gelişmelerin kendini gösterdiği bir alan olan merkeziyetsiz finans günden güne insan hayatında yer edinmekte ve uygulamalarının sunduğu avantajlar ile oldukça ilgi çekmektedir. Bununla birlikte son yıllarda kripto varlık kullanımına yönelimde görülen artış; kolaylık, şeffaflık, hız gibi birçok avantaj sunan ve kazanç vaat eden bu yeni teknolojinin çevresel açıdan etkilerini ve potansiyel risk sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Bu durumdan hareketle bu çalışmada öncelikle merkeziyetsiz finans ve uygulamaları tanıtılarak kripto varlıkların çevresel etkilerini araştırmak amacıyla Ethereum'un İş Kanıtı protokolündeki yüksek enerji tüketimi sorununu ortadan kaldırmak üzere Hisse Kanıtı protokolüne geçişini temsil eden merge uygulaması sonrası elektrik tüketimi, CO2 emisyonu ve fiyat değişkenleri arasındaki ilişki ekonometrik testlerle analiz edilmiştir. Çalışmada 22.09.2021 ve 09.09.2023 dönemleri arası günlük verilerden oluşan ve merge öncesi ve sonrası olarak ayrı ayrı incelenen zaman serilerinin nedensellik ilişkisini incelemek üzere Fourier Granger ve Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testleri; eşbütünleşme ilişkisini analiz etmek üzere ise Fourier ARDL Sınır Testi ve Fourier ADL Eşbütünleşme Testi kullanılmıştır.

Çalışmada elde edilen bulgulara göre Bitcoin'de nedensellik ve eşbütünleşme ilişkisinin merge öncesi ve sonrası dönemlerin her ikisinde de çıkmış olması İş Kanıtı mekanizmasını kullanmasıyla, Ethereum'da merge sonrası nedensellik ve eşbütünleşme ilişkisinin olmaması, merge sonrası değişkenler arasındaki ilişkinin Hisse Kanıtı mekanizmasıyla birlikte ortadan kalkmasıyla açıklanabilirken; token tarafında analiz sonuçlarındaki farklılıkların, her varlığın yatırımcı algısal farklılığı olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte Ethereum tarafında merge sonrası dönemde değişkenler arasında nedensellik ve eşbütünleşme ilişkisinin görülmemesinin; Hisse Kanıtı protokolünün etkili olması ve bunun daha az enerji tüketimi ile çevre dostu bir kripto varlığın mümkün olduğunun göstergesi olduğu; bu sebeple merkeziyetsiz ekosistemin yoğun enerji tüketimini ortadan kaldıran alternatif yöntemlerle yüksek enerji tüketimi problemini giderebileceği şeklinde yorumlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Merkeziyetsiz Finans, Merge, Kripto Varlıklar, Elektrik Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu



DECENTRALIZED FINANCE APPLICATIONS AND ELECTRICITY CONSUMPTION, CARBON DIOXIDE EMISSION, PRICE RELATIONSHIP OF CRYPTO ASSETS AFTER THE MERGE: AN APPLICATION ON SELECTED COINS AND TOKENS

ABSTRACT

Decentralized finance, which is an area where technological developments manifest themselves with the effect of digitalization, is gaining a place in human life day by day and attracts a lot of attention with the advantages offered by its applications. However, the increase in the use of crypto assets in recent years; This new technology, which offers many advantages such as convenience, transparency, speed and promises profit, has also brought environmental impacts and potential risk problems. Based on this situation, in this study, first of all, decentralized finance and its applications are introduced and in order to investigate the environmental effects of crypto assets, the relationship between electricity consumption, CO₂ emission and price variables is analyzed econometrically after the merge application, which represents Ethereum's transition to the Proof of Stake protocol to eliminate the high energy consumption problem in the Proof of Work protocol. In this study, time series consisting of daily data between the periods of 22.09.2021 and 09.09.2023 were examined separately before and after the merge. Fourier Granger and Fourier Toda-Yamamoto causality tests were used to examine the causality relationship of time series, and Fourier ARDL Bounds Test and Fourier ADL Cointegration Test were used to analyze the cointegration relationship.

According to the findings obtained in the study, the fact that the causality and cointegration relationship emerged in Bitcoin in both the before and after the merge periods can be explained by the use of the Proof of Work mechanism, while the absence of a causality and cointegration relationship in Ethereum after the merge can be explained by the disappearance of the relationship between the variables after the merge with the Proof of Stake mechanism. It is thought that the differences in the analysis results on the token side may be due to the difference in investor perception of each asset. In addition, the fact that there is no causality or cointegration relationship between the variables in the after the merge period on the Ethereum side can be interpreted as an indication that the Proof of Stake protocol is effective and that an environmentally friendly crypto asset that causes less energy consumption is possible. In this sense, it can be interpreted that the decentralized ecosystem can solve the problem of high energy consumption in alternative methods that eliminate intense energy consumption.

Keywords: Decentralized Finance, Merge, Crypto Assets, Electricity Consumption, Carbon Dioxide Emission



1. GİRİŞ

Birey ve toplumlar, insanlık tarihi boyunca yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için mal ve hizmet ihtiyaçlarını karşılama gereksinimi duymuştur. Bu gereksinimlerin varlığı, bunları tek başına karşılama gücü mümkün olmayacak bireyi diğer bireyler ile etkileşim kurmaya iterek birbirleri arasında değiş-tokuş faaliyeti içerisinde bulunmak durumunda bırakmıştır. Başlarda alım-satım faaliyetleri çok yaygın olmadığından dolayı trampa ekonomisi olarak adlandırılan malın diğer bir mal ile herhangi bir değişim aracı olmadan değiş tokuşunu ifade eden bir sistem ile mübadele söz konusu iken; zaman içerisinde istek ve ihtiyaçların artması ve çeşitlilik göstermesiyle yaygın hale gelen bu faaliyetler için farklı mübadele yapıları oluşmaya başlamıştır (Kesebir ve Günceler, 2019; Fidan vd., 2019).

Tarihsel süreç içerisinde kırsaldan şehirlere göç ve nüfusun artması gibi nedenlerle ihtiyaçlar artarak değişime uğradı ve bu durum basit yapılı değiş-tokuş faaliyetlerinin yetersiz kalmasına yol açtı. Öncesinde takas sistemi gibi basit yapılı mübadele yöntemi ile yetinebilen bireyler artık geniş alana yayılan bu etkileşim sürecini kolaylaştıracak bir araca ihtiyaç duymuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda para kavramının bulunması ve kullanılmaya başlanmasıyla bireyler arasındaki ticari işlemlerin daha kolay bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Takip eden süreçte mal para, temsili para, kâğıt para ve banka parası olarak farklı formlarda gelişen para son olarak teknolojik gelişmelerin hızla artmasıyla dijital ve sanal bir para formunu temsil eden kripto paralar ile ortaya çıkmıştır (Bayram Koçak, 2023; Coşkun ve Yıldırım, 2023).

Teknolojik gelişmelerin, internet kullanımının arttığı ve dijitalleşmenin gittikçe yayıldığı günümüzde, her alanda karşımıza çıkan yenilikler finans alanında da baş göstermiştir. Finans alanına etki eden ve internetin sunduğu yeniliklerden biri olan Web 3.0, bilginin kontrolü, doğrulanması gibi aşamalarda sürecin merkezi bir nokta (yönetim) ile değil bir bilgisayar ağı üzerinden gerçekleşmesine ve açık kaynak özelliği ile bireylerin bilgiye şeffaflıkla ulaşımını sağlayan bir teknoloji olan blokzincir ile kurulmuş geniş kapsamlı yeni İnternet uygulamalarını ifade etmektedir (Murray vd., 2023). Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi gibi teknolojileri içeren Web' in bu versiyonunda; kripto varlıklar, NFT' ler, DAO' lar (merkeziyetsiz özerk organizasyonlar) ve metaverse gibi kavramlar yer almakla birlikte, bu sürümle dağıtık bir yapıya sahip blokzincir teknolojisi altyapısıyla internetin daha şeffaf ve

merkeziyetsiz olması amaçlanmıştır (Murray vd., 2023; Yurdabak ve Deniz, 2023; Arvas, 2022). Buna ek olarak DeFi yani Türkçe açılımı ile Merkeziyetsiz Finans, Web 3.0'de yer alan ve gelişim sürecinde olan yeni bir finansal sistem türünü ifade etmektedir (Arvas ve Tuncer, 2023).

Blokszincirin temeline bakıldığında 2008 yılında, gerçekte kim olduğu bilinmeyen Satoshi Nakamoto tarafından ortaya atılan Bitcoin' in ortaya çıkışına dayandığı görülmektedir (Arvas, 2022). Taraflar arası ticari işlemlerin bir aracı veya otoriteye bağlı olmaksızın gerçekleştirilmesi inancıyla geliştirilen Bitcoin'in ortaya çıkarılmasıyla, üçüncü bir tarafın dahili olmadan işlemlerin gerçekleştirilmesi sağlanarak mevcut finansal yapıdaki aksaklık ve yüksek maliyet gibi sorunların ortadan kaldırılması hedeflenmiştir (Yıldırım, 2019). Bitcoin ilk kripto varlık niteliğiyle, özellikle 2008 finansal krizi sonrası hükümete ve merkezi otoriteye bağlı finansal kuruluşlara eleştirilerin olduğu dönemin sonrasında ortaya çıkmasıyla bireylerin kripto varlıklara ilgisini çekmiştir (Yağmur ve Mangır, 2020; Bakır, 2018; Polat, 2022). Kripto varlıklar işlem maliyeti düşük, hızlı ve kolay işlem gerçekleştirilmesine olanak sağlamasının yanı sıra şifreleme yöntemiyle bilgi hırsızlıklarına karşı güvenlik de sağlamaktadır. Ayrıca geleneksel banka işlemlerinde mevcut olan prosedür zorunlulukları kripto varlık kullanımında söz konusu değildir ve blokszincir teknolojisinin sayesinde şeffaflık sağlanmaktadır. (Yağmur ve Mangır, 2020; Oral ve Yeşilkaya, 2021).

Kullanıcılar açısından önemli faydaları ve kolaylıkları olsa da kripto varlık kullanımının elektrik tüketimi konusunda çevresel anlamda zararlı etkileri tartışma konusudur (Oral ve Yeşilkaya, 2021). Kripto varlıkların altyapısını oluşturan blokszincir teknolojisinin işleyiş sürecinde var olan yöntemle göre değişkenlik gösteren yüksek enerji tüketimi konusunda, kullanılan uzlaşma protokolüne göre enerji tüketim oranı değişebilmektedir (Şenkardeş, 2021). Örneğin, Bitcoin için geçerli olan İş Kanıtı (PoW) protokolü yoğun enerji tüketimine sebep olan madencilik sürecini ifade etmektedir. Burada her bir blok için gerekli hashrate bulma sürecinde madenci olarak isimlendirilen yazılımcıların rekabet içinde olması yüksek enerji tüketimine neden olmaktadır (Çallı ve Şentürk, 2021). Kullanımı yaygın bir diğer kripto para birimi olan Ethereum ağında ise başta İş Kanıtı kullanılırken, yüksek enerji tüketimini gerektirmesinden dolayı risk teşkil ettiğinden 15 Eylül 2022 tarihinde bu olumsuz

etkiyi ve enerji tüketimini düşürmek üzere Hisse Kanıtı (Proof of Stake) protokolüne geçilmiştir. Bu sayede Ethereum elektrik tüketimi düzeyi düşürerek %99 daha az tüketim mümkün olmuştur (Nur ve Şahin, t.y.; Kapengut ve Mizrach, 2023).

Çalışmanın Konusu

Günümüzde gerek bilgi ve iletişim alanlarında gerçekleşen teknolojik gelişmeler gerek dijitalleşme adımları, hayatın her alanında olduğu gibi finans alanında da karşımıza çıkmaktadır. Özellikle internetin keşfinden sonra insanlar arasında etkileşim çoğalmış, toplumlar için çok sayıda imkân ve kolaylığın sağlanması mümkün olmuştur. Bu yeniliklerden bir tanesi olan kripto paralar 2008 yılında ilgi çekerek blokzincir teknolojisi ve merkeziyetsiz finans gibi terimlerin gündeme gelmesinde etkili olmuştur. Eşler-arası herhangi bir aracıya gereksinim duyulmadan düşük maliyetle hızlı, şeffaf ve güvenilir bir ortamda ticari işlemlerin gerçekleştirilmesine amacıyla çıkarılan ve buna olanak sağlayan kripto varlıkların kullanımı zamanla artmış ve hatta El Salvador gibi bazı hükümetlerce yasal para birimi olarak kabul edilmiştir. Kripto varlıkların her ne kadar çok sayıda avantajı bulunsun da dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlardan biri yüksek enerji tüketimine yol açmasıdır. Tartışmalara konu olan yüksek elektrik tüketimi riskine yönelik çalışmalar yapılmış ve ilgili araştırmacılar tarafından çözüm için arayışlar başlatılmıştır. Yakın tarihte Ethereum ağının protokol değişikliğiyle İş Kanıtı'ndan Hisse Kanıtı'na geçişi, çevre dostu kripto varlıkların mümkün olup olmadığı konusunda örnek teşkil etmektedir.

Kripto varlıkların elektrik tüketimi, karbon emisyonu ve fiyat ilişkisini konu alan bu çalışmada yoğun enerji tüketimine neden olan İş Kanıtı protokolünü kullanan Bitcoin ve çevre dostu bir adım atarak Hisse Kanıtı'na geçen Ethereum ağı arasındaki değişim ve farklılık araştırılmıştır. Bu doğrultuda çalışmada; öncelikle 2. Bölüm'de merkeziyetsiz finans uygulamaları ve kripto varlık altyapısını oluşturan blokzincir teknolojisi hakkında bilgi verilecek, daha sonra 3. Bölüm' de kripto piyasalar, iklim ve yine çalışmanı konusuna bağlı olarak uzlaşma protokolleri hakkında açıklamalara yer verilecektir. 4. Bölüm' de ele alınan değişkenlerin elektrik tüketimi, karbon emisyonu ve fiyat serileri arasındaki nedensellik ve eşbütünleşme ilişkileri analiz edilecektir. Çalışmanın sonuç kısmında ise elde edilen analiz sonuçları değerlendirilerek yorumlanacak ve son olarak gelecek çalışmalar için öneriler sunularak sonlandırılacaktır.

Çalışmanın Önemi

Merkeziyetsiz finans, Bitcoin kripto varlığının ortaya çıkmasını takip eden süreçte farklı özellik ve amaçlar ile geliştirilen altcoinlerin de ortaya çıkmasının ardından gündeme gelmeye başlayan bir kavramdır. Özellikle finans ve ticaret başta olmak üzere birçok alanda insan hayatını kolaylaştıracak yenilikler sunan ve bu anlamda ilgi gören kripto varlıkların kullanımı yayılmaya başlamış ve bu durum da kripto varlık ekosisteminde mevcut yoğun elektrik tüketimi eleştirilerini de beraberinde getirmiştir. Kripto varlıkların gündeme gelmesiyle ortaya çıkan çevresel risk sorunu ilgili araştırmacılar ve ekonomistler için tartışma konusu olmuştur. Gerek kripto varlıklar gerek blokzincir teknolojisine dayanan diğer merkeziyetsiz finans uygulamalarının kullanımının cazip bulunduğu göz önüne alındığında, bu yeniliklerin çevre için risksiz bir şekilde kullanımının mümkün olup olmadığı konusunda yapılacak araştırmalar önem kazanmaktadır.

Ethereum'un merge etkinliği ile kullandığı İş Kanıtı protokolünü bırakarak çevre dostu bir alternatif teşkil eden Hisse Kanıtı protokolüne geçmesi, giderek artan kripto varlık kullanımının çevreye olan etkisi anlamında önemli bir adım olarak görülmektedir. Gerek söz konusu etkinliğin yakın zamanda gerçekleşmiş olması gerekse bu çalışmanın kripto varlıkların elektrik tüketimi, karbondioksit emisyonu ve fiyat değişkenleri arasındaki ilişkiyi serileri merge öncesi ve sonrası dönemler olmak üzere ekonometrik yöntemler üzerinden araştırarak çevresel etkilerini kullanılan uzlaşma protokolü bağlamında ele aldığından literatüre katkı sağlaması açısından gelecekteki çalışmalara öncü niteliğindedir. Bununla birlikte Ethereum ağında gerçekleştirilen bu yeniliğin ele alınan değişkenler için nasıl bir etkiye sahip olduğunun çevre ve finans alanında önemli bir belirleyici olduğu öngörüldüğünden analiz sonuçlarının merkeziyetsiz finans alanında gerçekleştirilecek yatırımlar için yol gösterici olması nedeniyle önem taşımaktadır. Yapılan ekonometrik testlerden elde edilen bulgular ile söz konusu yoğun enerji tüketimi problemi için bir çözüm geliştirmek amaçlanmaktadır.

Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada 22.09.2021 ve 09.09.2023 dönemleri arasında günlük veriler ile seçili kripto varlıkların elektrik tüketimi, karbon emisyonu ve fiyat verileri ele alınarak Ethereum ağının merge ile Hisse Kanıtı protokolüne geçmesiyle oluşan değişimi

incelemek üzere serilerdeki 22.09.2022- 09.09.2023 dönemleri arasındaki değerler ayrı ayrı analiz edilmiştir. Ampirik bulgular bölümünde ele alınan değişkenlerin analiz sonuçlarına yer verilecek olan çalışmanın sonunda Hisse Kanıtını protokolüne geçişin seçili kripto varlıklar üzerindeki etkisi ve İş Kanıtı protokolünü kullanmaya devam eden Bitcoin'in ile oluşan farklılıklar ve bu doğrultuda çevre dostu kripto varlıkların fiyat ve çevresel anlamda ne gibi farklılık gösterebileceği konusunda elde edilen bulgular yorumlanacaktır.

Çalışmanın Yöntemi

Değişkenlerin ekonometrik yöntemlerle ele alındığı bu çalışmada zaman serisi yöntemi kullanılacak olup, analizlere 22.09.2021 ve 09.09.2023 arası günlük alınan veriler dahil edilecektir. Gerekli nedensellik ve eşbütünleşme testlerinin tespiti için öncelikle serilere Fourier ADF (FADF) Birim Kök Testi uygulanarak serilerin durağanlık durumları tespit edilecektir. Yapılan birim kök testi sonuçlarına göre aynı seviyelerde durağanlık gösteren serilere nedensellik testi için Fourier Granger Nedensellik Testi, birlikte hareketliliğin tespiti için de Fourier ADL Eşbütünleşme Testi uygulanacaktır. Farklı seviyelerde durağanlık gösteren seriler için ise nedensellik ilişkisinin tespiti için Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testi; birlikte hareketliliğin incelenmesi için ise Fourier ARDL Sınır Testi uygulanacaktır.

2. MERKEZİYETSİZ FİNANS (DeFi)

Son yıllarda henüz yeni yeni gelişmeye başlamış olan Merkeziyetsiz Finans, İngilizce kısaltmasıyla DeFi, kapsam ve yapısal anlamda konu içeriği çok geniş bir kavramdır. Çalışmanın bu kısmında kavramsal çerçeve ile önce tanım ve temel özellikler ile DeFi kavramının tanıtılması amaçlanmış daha sonra bu kapsamda DeFi ile ilişkili diğer kavram ve uygulamaların açıklamalarına yer verilmiştir.

2.1. Merkeziyetsiz Finansın Tanımı, Gelişim Süreci, Avantaj ve Dezavantajları

Bu bölümde kripto varlıkların ortaya çıkışıyla baş göstermeye başlayan merkeziyetsiz finans kavramına ait tanımlayıcı bilgiler verilmiş ve sonrasında bu kavramın tarihsel gelişim süreci incelenmiştir. Son olarak merkeziyetsiz finans kavramının avantaj ve dezavantajları ele alınmıştır.

2.1.1. Merkeziyetsiz Finans Tanımı

Teknolojik yeniliklerin giderek yayılmasıyla birlikte birçok alanda karşımıza çıkan dijitalleşme, finans alanında da etkilerini göstermeye başlamış ve bu doğrultuda gücün merkezileşmesi gibi unsurlar, söz konusu sistemdeki kurumların rollerinin sorgulanmasına neden olmuştur. Bu durum, mevcut sistemin değişimine yönelik teknolojik yeniliklerden faydalanma ihtiyacını beraberinde getirmiştir. İşte bu noktada merkezileşmenin önüne geçmek ve merkeziyetsiz bir alan oluşturmak için ortaya atılan blokzincir teknolojisi önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yeni teknoloji beraberinde yeni gelişmelere yol açmış ve tüm bu gelişmeler Merkeziyetsiz Finans (DeFi) kavramının ortaya çıkması sonucunu doğurmuştur (Parlar, 2022). Merkeziyetsiz finans, Bitcoin'e benzer şekilde blokzincir tarafından desteklenmesine rağmen DeFi platformlarının akıllı sözleşmeler üzerinde çalışması yönünden Bitcoin'den farklılaşmaktadır. Pratikte ilk kez Ethereum'un ortaya çıkışıyla hayata geçirilmiş olan akıllı sözleşmeler, Ethereum'a ilginin artması ve gelişmesiyle üzerine merkezi olmayan uygulamalar inşa edilmeye başlanmış ve merkeziyetsiz uygulamalardan (DApp) oluşan yeni bir finans alanının yani merkeziyetsiz finansın yolu bu şekilde açılmıştır (Corbet vd., 2023). Bu bağlamda blokzincir teknolojisi tarafından desteklenen merkeziyetsiz finans uygulamaları, dijital varlıklar üzerindeki işlemleri akıllı kontratlar ile gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Parlar, 2022).

Merkeziyetsiz finans, mevcut geleneksel finansın aksine sistemin belirli bir otorite veya üçüncü bir taraf aracılığıyla merkezi olarak değil, bağımsız bir şekilde işleyen yeni bir finansal sistem tipini ifade eder. Merkeziyetsiz finasta amaç, geleneksel finansal sistemin sunduğu hizmetlere alternatif olarak, mevcut finansal sistemde var olan açıkları, dezavantajları ortadan kaldırarak finansal hizmet kullanıcılarına kolaylık sağlamaktır (Meraklı, 2021). Geleneksel finansal sistemde, farklı katılımcıları bir araya getiren ve piyasadaki işlemlerin yürütülmesinde görevli, aracı olarak nitelendirilen kurumlar devreye girmektedir. Finansal kurumlar, menkul kıymet borsaları ve benzeri aracı kurumların bulunduğu bu sistemde bir üçüncü tarafın dahil olması, sistemin fonksiyonlarının ve kaynaklarının merkezi bir noktadan yürütülmesi anlamına gelmektedir (Çakmak ve Bayram, 2022).

Literatürde merkeziyetsiz finans kavramı birçok farklı şekillerde tanımlanmıştır. Örneğin, Meegan (2020) çalışmasında “geleneksel finansal ürünlerin, bir aracı olmadan blokzincir üzerinde akıllı kontratlarla çalışan ürünlere dönüşümü” olarak tanımlarken; Gudgeon vd. (2020) ise çalışmalarında “bütünlüğünü ve güvenliğini sağlamak için akıllı kontratlara dayalı dağıtılmış defter tabanlı hesaplardan yararlanan, eşler arası finansal sistem” olarak tanımlamıştır.

Merkeziyetsiz finansın özelliklerini; birleştirilebilirlik, esneklik, anonimlik, merkeziyetsizlik, ulaşılabilirlik, yenilikçilik, birlikte çalışabilirlik, sınırsızlık, şeffaflık, iş süreçlerinin otomasyonu, kesinlik olarak sıralayabiliriz. Burada birleştirilebilirlik, sistemdeki bileşenlerin anlamlı bir sonuç oluşturacak şekilde rahatlıkla bağlanabilmesini ifade etmektedir (Popescu, 2020; Özdoğan ve Turan, 2022). Merkeziyetsiz finasta, sistem herkes tarafından görülebilmesine ve kopyalanabilmesine izin verecek şekilde açık kaynak kod temelli olarak kullanıldığından sistemde yapılabilecek düzenlemelere, yeni hizmetlerin eklenmesine ve bunların kullanılmasına olanak sağlar. Bu şekilde değişikliklerin yapılmasının mümkün olması sistemin esnek yapıda oluşuyla açıklanmaktadır (Martino vd., 2020). Anonimlik özelliği sistemde yer alan kripto varlıkların kullanımının, nakit para gibi takip edilememesi ve kullanıcılara kimliklerini saklı tutabilmesine izin verilmesini ifade etmektedir.

DeFi dünyasında merkeziyetsizlik, bir işlemin; doğrulama, hesaplama ve onaylama süreçlerinin merkezi bir otorite ya da aracı olmaksızın gerçekleştirilebilmesi anlamını

taşımaktadır (Meegan ve Koens, 2021). Bu özellik, sistemdeki kullanıcıların birbirleri ile doğrudan etkileşim kurarak istedikleri işlemleri bir merkeze bağlı olmadan gerçekleştirmelerine olanak sağlamaktadır (Tevetoğlu, 2021). Bununla birlikte herkese açık bir sistemin söz konusu olması ve sisteme herkesin dahil olabilmesi merkeziyetsiz finansı ulaşılabilir kılarken bu teknoloji üzerinden yeni uygulamaların inşa edilmesi, yenilikçi yönünü ortaya koyar (Meegan ve Koens, 2021). Ayrıca merkeziyetsiz finansın altyapısını oluşturan blokzincir teknolojisinde ağlar arası token, veri ve akıllı kontrat talimat transferi blokzincir köprüleri aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Ağlar arası bu etkileşimler, merkeziyetsiz finansın birlikte çalışabilirlik özelliğiyle açıklanmaktadır (Beştaş, 2023; Huseynli, 2023).

Geleneksel merkezi finans hizmetleri, coğrafi olarak belli bir bölgeye ve bulunduğu coğrafi bölgenin devleti tarafından desteklenen itibari para birimi gibi faktörlere bağlıdır. Bu da aslında bu hizmetlerin belirli sınırlar çerçevesinde icra ettiğinin bir göstergesidir. Merkeziyetsiz finans hizmetlerinde ise blokzincir teknolojisinin sağladığı bir avantaj olarak herhangi bir bölge sınırı bulunmayıp dünya genelinde erişim mümkün olduğundan şehir, ülke vs. gibi herhangi bir alan sınırlaması yoktur (Meegan ve Koens, 2021; 6). Aynı zamanda tüm işlem ve süreçlerin (veri işleme, kayıt oluşturma, kuralların yürütülmesi vb.) herkes tarafından ulaşılabilir, görülebilir olması sistemin şeffaf olmasını sağlamaktadır (Özdemirel, 2021; 37). İnsan müdahalesi olmadan gerçekleştirilen bu süreçler akıllı sözleşmelerdeki koşullara bağlı otomatik bir şekilde kendi kendine yürütüldüğünden maliyet ve süre bakımından avantaj sağlamaktadır. Bu yüzden muhasebe, denetim gibi uygulamalarda ve finansal işlemlerde, tedarik zinciri, ihraç ve takas süreçleri, gibi operasyonel işlemlerde otomasyonu mümkün kılar (Küçükkıralı ve Afşar, 2022; Özdemirel, 2021).

2.1.2. Merkeziyetsiz Finansın Gelişim Süreci

İnsanlık tarihinde, ihtiyaçlar ve gereksinimler süreç içerisinde artmış ve değişime uğramıştır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda hayatını idame ettirmek isteyen toplumlar, çeşitli ekonomik faaliyetler ve mübadelelerde bulunmuştur. Başlarda trampa sistemi ve diğer basit değiş-tokuş faaliyetleri kullanılmış olsa da zamanla bu uygulamaların zayıf yönleri ve dezavantajları görülmüş, gelişen ihtiyaçlar için yeterliliğini yitirmeye başlamıştır (Elmas ve Aydın, 2021). Buna müteakiben M.Ö 5. yy'dan sonra paranın icadıyla değer kavramı müşahhas hale gelmiş ve değerli madenlerden oluşturulan

paralar sonrasında yerini kâğıt paralara yani banknot dediğimiz formlara bırakmıştır. Bu değişimleri 20. yy'da kredi kartı kullanımı izlemiştir. Teknolojik gelişmelerle birlikte internet kullanımının da yaygınlaşması mal ve hizmet ticareti için de fırsatlar yaratmış ve yeni şartlar doğrultusunda ticari faaliyetleri internet üzerinden yürütmeyi amaçlayan e-ticaret uygulamasının ortaya çıkması tetiklenmiştir (Pirinççi, 2018). Ticaretle birlikte para transferi ve ödemelerin de internet ortamına dahil edilmesi ve gerçekleştirilmesi paranın dijitalleşmesinin önünü açmış ve dijital para kavramı ortaya çıkmıştır. Dijital paralar merkezi yapıda bulunmalarının yanında kriptografik özellikte de olabilmektedirler (Khalilov vd., 2017). Bu anlamda dağıtık modellenmiş kriptografik dijital para örneği olarak Bitcoin verilebilir.

Literatüre bakıldığında dijital para girişimlerinin kripto varlıkların ortaya çıkışından yıllar öncesine dayandığı gözlemlenmiştir. Örneğin 80'li yılların sonunda Hollanda'da gece yarısı hırsızlığa bir önlem olarak akıllı kartlar üzerinden yakıt ticareti yapılmıştır. Çıkarılan bu uygulamayla kamyon şoförlerinin bu kartlarla yakıt almaları sağlanmış ve bu şekilde benzin istasyonları ve şoförlerin olası hırsızlık tehlikelerinden korunmaları amaçlanmıştır. Benzer şekilde birbirine yakın tarihlerde, bir iş adamı olan Albert Heijn'nin müşterilerin doğrudan kendi banka hesabına ödeme gerçekleştirebilmeleri için bankalara yaptığı baskıları sonucu açılışının Türkçe karşılığı "satış noktası" olan POS cihazlarının ortaya çıkması ve 1989 yılında David Chaum adlı girişimcinin DigiCash adlı merkezi bir kriptografik sistemi kurması ile para transferlerinin güvenli şartlar altında gerçekleştirilmesinin amaçlanması dijital para girişimlerinin ilk örneklerinin temsili niteliğindedir (Yılmaz, 2021; Çarkacıoğlu, 2016; Özdoğan ve Turan, 2022).

Bunlara ek olarak Bitcoin'in kurucusu olan fakat gerçekte kim olduğu henüz bilinmeyen Satoshi Nakamoto, yayınladığı makalede sekiz dipnota yer vermiştir. Söz konusu dipnotlardan üçü Stuart Haber ve Scott Stornetta'nın çalışmalarına yani Bitcoin'nin yayınlandığı makaleden yirmi yıl öncesine, aittir. Bu çalışmanın içeriği, blokzincir teknolojisinde mevcut olan zaman damgası yapısı ile ilgilidir ki bu, Bitcoin öncesinde de varlıkların dijitalleştirilmesine olan girişimlerin varlığının, aynı zamanda blokzincir teknolojisinin temellerinin Bitcoin'in ve dolayısıyla kripto varlıkların gündeme gelişinden daha öncesine dayandığının bir göstergesidir (Whitaker, 2019). Haber ve Stornetta'nın (1990) çalışmasında dijital kayıtların güvenliğinin

matematiksel hesaplamalara dayanması ve kriptografi ile geliştirilmiş blokların kullanımı söz konusudur. Dolayısıyla blokzincir için ilk örnek, Haber ve Stornetta'nın 1991'de bir prototip ile, bilgisayar ortamında resmi evrakların geçerliliğinin sağlanması amacıyla önerilen bu çalışmaları gösterilebilir (İşler vd., 2019; Sümer, 2021).

Dijital para gelişimi kripto varlıkların ortaya çıkışı özelinde ele alındığında; bu sürecin, herhangi bir otoriteye bağlı olmayan, bağımsız bir para birimi arayışıyla tetiklendiği söylenebilir. 1992 yılında kurulan Cypherpunk adlı bir grup bu arayışın öncüsüdür. Timothy May, John Gilmore, Eric Hughes adlı üç kriptografi uzmanı ile kurulan bu gruba göre kriptografinin ekonomik birim ve işlemlerde kullanılması bu alanda hükümetin etkisini değiştirecekti (Fırat ve Daşdemir, 2021). Aralarında Satoshi Nakamoto'nun da bulunduğu bu grubun amacına göre bu girişimle kriptografi ile sözleşmelerin formu ve gerçekleşme şekli değiştirilerek anonim bir sistem oluşturulacak, bu da yapılan işlemlerde mahremiyet sağlayarak hükümetin müdahalesinden bağımsız bir ekonomik altyapının oluşmasını sağlayacaktı. Buna bağlı olarak 1998'de, grupta yer alan Wei Dai isimli üyenin geliştirdiği bir sistem sayesinde anonimlik ilkesiyle işleyen bir elektronik nakit sistemi ortaya çıkmıştır. “b-money” adı verilen bu sistemle, gerçek isimlerinin takip edilemediği, takma isimlerle sürece dahil olan kişilerden oluşan bir grubun, ödemelerini grup dışından herhangi bir müdahale olmaksızın kendi aralarında gerçekleştirebilmeleri mümkün olmuştur. Cypherpunk adlı grubun üyelerinden biri olan David Chaum da kripto varlık sistemine benzer şekilde eCash isimli bir ödeme sistemi önermiş olup, bu sistem merkezi bir otoritenin yönetimine bağlı olmasından dolayı kripto varlıklardan farklılaşmaktadır (Tetik ve Öner, 2020).

2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından çıkarılan “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” adlı bir makale ile duyurulan ve kripto varlıkların öncüsü olarak nitelendirilen Bitcoin, herhangi bir otoriteden bağımsız, merkezi olmayan bir para birimi anlayışıyla geliştirilmiştir (Zeren vd., 2018; Polat, 2022). Bu doğrultuda Nakamoto'nun (2008) sunduğu bu yeni sistem ile ticari alanda varlık transferi sürecinde mevcut geleneksel sistemde var olan araçlar ortadan kaldırılarak, süreç bir otoriteden bağımsız ve bankalar gibi üçüncü bir tarafa gerek duyulmayan bir düzen ile güvenli bir ortam hazırlanarak yürütülecek; bu sayede araçların neden oldukları işlem

maliyetleri düşürülecekti (Yüksel, 2020; Alpago, 2018). Ortaya atılan bu sistem için gerekli olan ortam ise dağıtılmış defter teknolojisine dayalı blokzincir adlı sanal bir yapı ile sağlanacaktı (Yüksel, 2020). Nakamoto' nun bu sistemi geliştirmek üzere çalışırken mail yoluyla bu çalışmaya katkı sağlayabilecek; kriptoloji, veri güvenliği ve anonimliği alanlarında çalışan geliştiricilere destek olmaları için davet yolladığı bilinmektedir. Bu çağrıya Cypherpunk grubundan Hall Finney dönüt sağlamıştır. İlk Bitcoin transfer işlemi de Satoshi Nakamoto ve Hall Finney arasında gerçekleşmiştir (Girgin, 2020).

Sisteme 2009 yılında dahil olan Bitcoin' in, hane halklarının devlete ve finansal kurumlara olan güvenini sarsan ve var olan ekonomik sisteme karşı tepkilere yol açan bir dönem olan 2008 Küresel Finans Krizinden hemen sonra ortaya çıkması, halihazırda arayış içinde olan halkın farklı yatırım araçlarına yöneldiği bu süreçte ilgisini çekmesinin nedenlerindendir (Bakır, 2018; Yağcılar ve Arslan, 2023). Günümüzde Bitcoin kullanımını cazip kılan bir sebep de güncel politik olaylar veya göç gibi nedenlerden dolayı ihtiyaç anında insanlara ellerindeki mal varlıklarını Bitcoin' e çevirerek hak ve varlıklarını taşıma ve koruma olanağı sağlamasıdır (Demir, 2021). Bununla birlikte Bitcoin kripto varlığına ilginin artmasıyla bu varlığın açık kaynak kodu üzerinden oluşturulan alternatif varlıklar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bitcoin kripto varlığına alternatif niteliği taşıyan ve Altcoin olarak nitelendirilen bu yeni varlıklar çok benzer özelliklerde oluşturulabildikleri gibi, zaman içerisinde çok farklı özelliklere ve yeniliklere sahip kripto varlıklar da ortaya çıkarılmıştır (Türkmener, 2021). Bu anlamda Altcoinler' in farklı nitelik ve amaçla, farklı açılardan kullanıcı ihtiyaçları ve gereksinimlerine yönelik geliştirildikleri söylenebilir. Ethereum, Ripple, Stellar, Litecoin ve Monero farklı fikirler doğrultusunda geliştirilen Bitcoin temelli Altcoinlere örnek olmakla birlikte aynı zamanda Bitcoin'e rakip coinler olarak da bilinmektedirler (Türkmener, 2021; Akçalı ve Şişmanoğlu, 2019).

2.1.3. Merkeziyetsiz Finansın Avantaj ve Dezavantajları

Merkeziyetsiz finasta yer alan blokzincir faktörü sayesinde, geleneksel kayıt sistemlerinin aksine uzlaşma mekanizmasının varlığından dolayı üçüncü bir tarafa (aracıya) ihtiyaç duyulmamaktadır ki bu durum, aracı varlığından doğabilecek gizlilik ihlali, bilginin manipülasyonu veyahut çalınması gibi riskleri düşürerek sistemi güvenilir yapmaktadır. Herhangi bir aracı kuruma bağlı olunmaması aynı zamanda

yüksek maliyetlerin de önüne geçtiğinden kullanıcılara bu teknoloji üzerinden işlem yapmayı cazip hale getirmektedir (Sümer, 2021). Bununla birlikte blokzincirdeki her düğümde sistemin varlığının başından itibaren tüm veriler içerdiğinden, ağda işlemlerin kaydedildiği bloklardan herhangi birine müdahale edilebilmesi için geriye dönük tüm bloklarda yer alan verilerin de değiştirilmesi ve bunun ağdaki tüm sistemlere aynı anda yapılması gerekmektedir ki bu şekilde tüm sisteme eşzamanlı müdahale neredeyse imkansızdır. Ayrıca zincirde yer alan verilerin doğrulanması ve kaydedilmesinde kriptografik şifreleme kullanıldığından sistemin güvenliği açısından ayrı bir avantaj sağlanmaktadır (Sökmen, 2022). Blokzincirde yer alan veriler tüm kullanıcılar tarafından erişilebilir ve kaydedilebilir aynı zamanda kullanıcılar kendi işlemleriyle birlikte gerçekleştirilen diğer tüm işlemleri de izleyebilir. Sistemdeki bu özellikler ile şeffaflığın sağlanmasıyla birlikte veri kaybı ya da tahribatının da önüne geçilebilmektedir. Merkeziyetsiz finasta dağıtık yapı söz konusu olduğundan merkezi bir noktadan kontrol edilme, iptal edilme ya da kapatılma söz konusu değildir. Ayrıca bu alanda yapılan bazı etkinlikler akıllı sözleşmeler vasıtasıyla otomatik hale getirilebilir (Göçtürk, 2021). Bu sebeple merkeziyetsiz finans operasyon maliyetleri, finansal sistemler, küçük ve orta ölçekli işletmeler için ekonomik büyüme ve inovasyon geliştirme, üretim, lojistik, sağlık ve savunma gibi alanlarda avantaj sağlamaktadır (Göçtürk, 2021; Bilirer ve Önden, 2023).

Merkeziyetsiz finansın dezavantajları ele alındığında; yüksek enerji tüketimi, anonimlik özelliğinden kaynaklı olarak kripto paralar üzerinden yasadışı yollarla faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi, düzenleyici bir kurumun olmaması gibi faktörler örnek verilebilir (Sökmen, 2022). Blokzincirde kullanıcıların adresi, cüzdanın coğrafi konumu gibi önem teşkil eden tanımlayıcı bilgiler yer almadığından, para ve değerli mülk transferi gibi işlemlerden doğan vergilendirmelerden kaçınmaya sebebiyet vermektedir. Sistemin yapısı gereği vergilendirilebilir gelirin tespit edilememesi gelir kaybına neden olmaktadır (Gezer, 2023). Ayrıca bunların dışında yasal uygulanabilirlik sınırlaması, akıllı sözleşmeler veya yasal mevzuata ilişkin var olan mevzuat eksikliklerine karşın oluşan gereklilikler, olumsuz politik bakış açısı, endüstriyel anlamda mevcut uyum sorunları da sistemde geliştirilmesi gerektiren konular arasındadır (Bilirer ve Önden, 2023). Merkeziyetsiz finasta eşlerarası ağ mevcudiyetinden dolayı geleneksel merkezi sisteme göre daha az ölçeklenebilirdir (Schueffel, 2021). Merkeziyetsiz finans sisteminde kötü kullanıcı deneyimleri de

sistemin dezavantajlarından biri olarak gösterilebilir. Çünkü kötü kullanıcı deneyimleri merkeziyetsiz finansın benimsenmesini olumsuz yönde etkileyebilir ve bunun yanında kripto cüzdan anahtarlarının kaybolması, yanlış kişilerin eline geçmesi gibi tehlikeli durumlara da yol açabilir. Böyle bir durum, yasa dışı etkinliklerde artışa da neden olabilir (Kirvesoja, 2022).

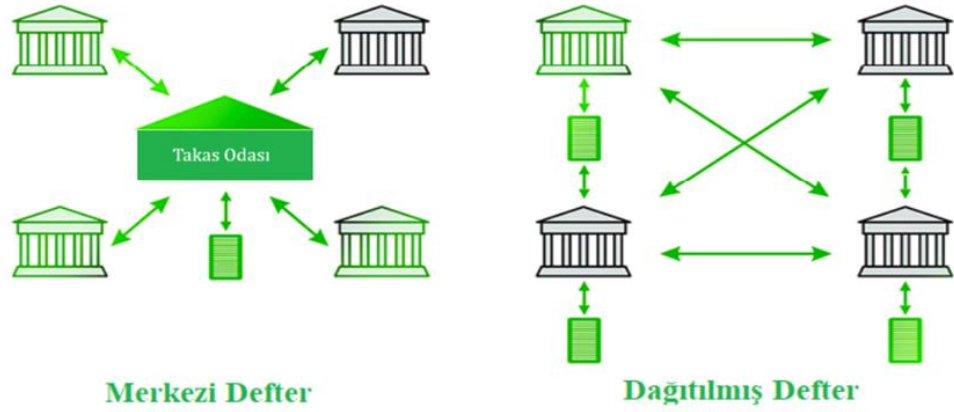
2.2. Merkeziyetsiz Finans Uygulamaları

2.2.1. Eşten Eşe (P2P) ağ sistemi ve dağıtık defter teknolojisi (Distributed ledger technology)

Eşten eşe ağ sistemi, merkezi bir sunucu olmadan iki veya daha fazla düğümün (istemci, node veya bilgisayar da denebilir) birbirleri ile haberleşme ve veri paylaşımının doğrudan sağlandığı dağıtık sisteme denmektedir (Ateş, 2016; Saklan, 2023). Bir başka deyişle ağ üzerinde mevcut iki veya daha fazla bilgisayarın birbirleriyle doğrudan bilgi alışverişi yapabilmesini ifade eden eşten-eşe ağ sisteminde her bilgisayar (düğüm) eşit kabul edilmekte ve düğümlerden birinin hata vermesi durumunda, yalnızca hata veren düğümün bağlantısı gitmesi ağın çalışmaya devam etmesi sistemi kullanıcılara karşı avantajlı ve güçlü kılar (Türkmen ve Durbilmez, 2019).

Eşten eşe ağ sisteminde eşzamanlı bir şekilde tutulan ve kayıtların eşler arasında da aynı şekilde mevcut olmasını sağlayan yapıya Dağıtık Defter Teknolojisi adı verilir. (Konacaklı ve Eyüpoğlu, 2023). Bir başka ifadeyle DLT için, blokzincir ağında mevcut kullanıcılar tarafından gerçekleştirilen işlemlerin kaydedildiği dijital bir kayıt defteridir diyebiliriz (Yavuz, 2019). Dağıtık Defter Teknolojisi'nde (DLT) kullanıcıların, geleneksel finasta mevcut olan ve katılımcıları bir araya getiren merkezi bir aracı kuruma gerek olmadan; birbirlerini tanımalarını ve güvenmelerini gerektirmeden, birbirleriyle güvenli bir şekilde etkileşiminin sağlanması amaçlanmıştır. Genel olarak DLT'ler açık anahtar şifrelemesi, dağıtılmış eşlerarası ağlar ve konsensüs olmak üzere üç teknolojiye dayanmaktadırlar (Bilirer ve Önden, 2023). Literatürde fikir birliği, mutabakat olarak da geçen konsensüs, yapılan bir işlemin güvenli bir ve tutarlı şekilde kaydedilmesinin sağlandığı bir algoritmayı ifade etmektedir. Bu algoritmalar ile ağdaki işlemler doğrulanmakta ve zincire yeni bloklar eklenmektedir. Yaygın olarak kullanılan mekanizmalar şu şekildedir; Proof of Work

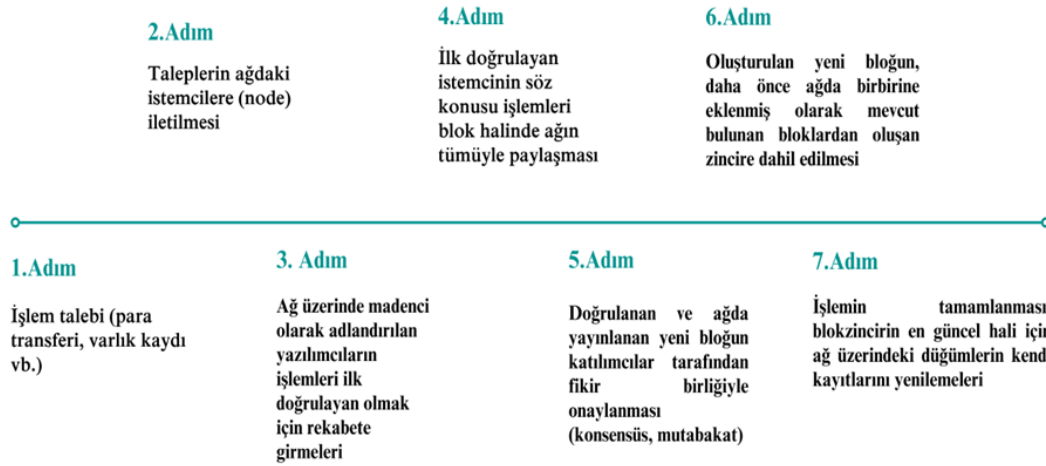
(PoW), Proof of Stake (PoS), Delegated Proof of Stake (DPoS) ve Direct Acyclic Graph (DAG) (Aslan ve Kasapbaşı, 2022).



Şekil 2.1. Dağıtık Defter Teknolojisi Şeması (BTK, 2020)

2.2.2. Blokzincir

Blokzincir, üzerinde gerçekçeleştirilen işlem ve verilerin kaydedilerek bloklar içerisinde depolandığı ve bu kayıtların onaylanarak zincir üzerinde birbirine eklenmesiyle oluşan dağıtık veritabanı çözümünü ifade eder. Burada yer alan veriler kriptografi kullanılarak “dağıtık defter” de kaydedilir ve ağ üzerinde gerçekleştirilmiş işlem bilgileri herkese açık, şeffaf bir şekilde paylaşılır. Sistem tüm düğümlerin kullanabileceği şekilde tasarlanmıştır (Mendi, 2021). Genelde altyapısını oluşturduğu kripto para birimleri ile bilinmekle birlikte, blokzincir, aynı zamanda merkeziyetsiz ve güvenilir yapısı ile finansal ve finansal olmayan alanlarda da kullanımı yaygınlaşan bir araç haline gelmiştir (Sümer, 2021).



Şekil 2.2. Blokzincirin Temel Çalışma Aşamaları (Karahana ve Tüfekçi, 2019)

Gerçekleştirilen her işlemin bloklara kaydedildiği bu sistemde, her bir tamamlanan blok için zaman damgası ve seri numarası mevcut olmakla birlikte bu seri numaraları hash değeri olarak adlandırılmaktadır. Bahsi geçen seri numarası bloklar arasındaki bağlantıyı sağlamakla birlikte birbirlerine ardışık halde bulunan bloklarda yer alan bu numaralar, bloklar arasında güçlü bir zincir oluşturulması için sistemdeki yazılımcıların zorlu matematiksel işlemleri çözmeleri sonucu elde edilir. Her bir bloğun kendine ait seri numarası bloğun sonunda yer alır ve blok içeriğinin özeti temsili bilgiler içerir. Bloklara ait seri numaraları kendilerinden bir sonraki blokta da yer aldığından her blok kendinden önceki bloğun bilgilerini taşımaktadır. Dolayısıyla herhangi bir blokta yer alan bir işleme müdahale edilmesi durumunda, müdahale edilen blok ve sonrasındaki tüm blokların çıkarılıp tekrar işlemlerle doldurulduktan ve her blok için yeni seri numaraları oluşturulduktan sonra zincire tekrardan dahil edilmesi gerekmektedir ki bu da müdahale etmek isteyen kişinin amacında başarılı olması için topluluğun kalan kısmının tamamından daha hızlı çalışması gerektiği anlamına gelmektedir. Bu da sisteme karşı herhangi bir müdahaleyi oldukça zorlu kıldığından sistemi de güvenilir kılar (Avunduk ve Aşan, 2018; Selçuk, 2019). Buna ek olarak blokzincirde; yerleşim, varlık, mutabakat, uygulama ve toplama olmak üzere 5 katman yer almaktadır. Yerleşim katmanı blokzincirin türüne göre değişmektedir. Örnek olarak Bitcoin ve Ethereum blokzincirleri verilebilir. Varlık katmanında değer takas protokollerinin gerçekleştirilmesi sağlanırken mutabakat katmanı ise uzlaşma protokollerinin yer aldığı katmanı tanımlar. Bununla birlikte uygulama katmanında

merkeziyetsiz uygulamalar bulunurken toplama katmanı ise birden fazla protokolün yürütülmesini sağlayan katmanı temsil etmektedir (Karagöz, 2023).

2.2.3. Akıllı sözleşmeler

Vitalik Buterin adlı bilgisayar programcısı tarafından 2014 yılında ortaya çıkarılan Ethereum'un öncüsü olduğu akıllı kontratlar, blokzincir üzerinde çalışan dijital sözleşmelerdir. Bu dijital sözleşmeler, işlemleri otomatik bir şekilde, isteğe bağlı oluşturulan belirli koşullar altında gerçekleştirmektedir (Kıyak vd., 2019; Bayram ve Yurttakal, 2023). Bir diğer ifadeyle belirlenmiş mantıksal şartlar üzerinden kendi kendine çalışmayı sürdürebilen kodları ifade etmektedir (Yurttakal, 2023). Akıllı kontratlar, blokzincir üzerine farklı işlem tiplerinin gerçekleştirilmesini sağlamakla birlikte merkezi bir otoriteye veya aracıya gerek olmadan, tarafların koşulları kabul etmesiyle otomatik olarak işleme konulmaktadır. Taraflardan birinin sözleşmenin dışına çıkması durumunda işlem gerçekleştirilmez (Hazar, 2018). Akıllı kontratlar, önceden belirlenen şartlar doğrultusunda çalışır ve bu şartların dışına çıkamazlar. Bu şartların sağlanmaması durumunda, akıllı kontratlar ağ üzerindeki tüm kullanıcılar tarafından görülebilen bir hata mesajı yayınlar. Söz konusu dijital sözleşmelerin amacı; sözleşmelerde verimlilik ve bağımsızlık sağlayarak taraflar arasındaki güveni arttırmaktır (Afrianto vd., 2023). İşlemlerin hızlı ve düşük maliyetle gerçekleştirilmesinin yanı sıra ürün satışı veya transferi gibi işlemler içinde kullanılabilen akıllı kontratların blokzincir ile çalışmasıyla işlemler şeffaf ve güvenilir bir şekilde kaydedilip, izlenebilmektedir. Bu durumda dolandırıcılık riskini düşürmektedir (Yılmaz, 2023).



Şekil 2.3. Akıllı Sözleşme Konsepti (Afrianto vd., 2023)

Gerçekleştirilmesi istenen bir işlemin çıktısı ve geçerliliği, sistemin koşuluna ve aynı zamanda söz konusu koşulu okuyabilen ve ona yanıt verebilen yürütülebilir koda bağlı olmakla birlikte işlem dizisinin yürütülmesi deterministik olup tüm taraflarca hesaplanabilir niteliktedir (Babel vd., 2023).

2.2.4. Merkeziyetsiz finasta borsalar

Merkeziyetsiz finasta yer alan merkeziyetsiz borsalar kripto para alıcısının ve satıcısının etkileşimini sağlayan eşten-eşe bir pazar yeri görevi görmektedir ve bu platformlarda yer alan kullanıcıların işlemleri blokzincire kayıt edilmektedir. Blokzincire kaydedilen işlemlerin silinememesi ve zincire müdahalenin söz konusu olmaması gibi özelliklerle korunması dijital varlık piyasasında büyümenin ve yeni finansal ürünlerin geliştirilmesinin önünü açmaktadır. Bununla birlikte merkeziyetsiz platformlar kendi kripto paralarını üretebilmekte ve üretilen bu kripto varlıklar platformlarda işlem görebilmektedir (Keskin, 2022). Merkeziyetsiz borsalar işlemler konusunda geleneksel ve merkezi borsalara göre daha ucuz, hızlı ve şeffaftır. Fakat bununla beraber düzenleyici bir otoriteye bağlı olmadığından bilgisayar korsanlığı gibi güvenlik risklerine karşı savunmasız olabilir ve bu da kullanıcılar için risk oluşturur (Beştaş, 2023).

Kripto varlık ticareti sadece merkeziyetsiz borsalarda değil merkezi borsalarda da yapılabilmektedir. Bu borsalarda merkeziyetsiz borsaların aksine belirli bir otoriteye

bağlıdır. Kullanıcıların işlem gerçekleştirmek istedikleri Merkezi bir platformda işlem yapabilmek için kullanıcıların öncelikle varlıklarını işlem yapmak istedikleri borsaya yatırmaları gerekmektedir ki bu da borsaya güvenmeleri gereken bir noktadır. Çünkü kötü niyetli yöneticilerin elindeki bir borsada işlem yapmanın bedeli, kullanıcının varlığını kaybetmesi olabilmektedir. Merkeziyetsiz borsalardaki amaç da tam bu noktada merkezi borsada söz konusu olan otoriteye olan güven gerekliliğini ortadan kaldırmaya yönelik protokoller kullanarak kullanıcılara güvenli bir ticari alan sunmaktır (Schär, 2021).

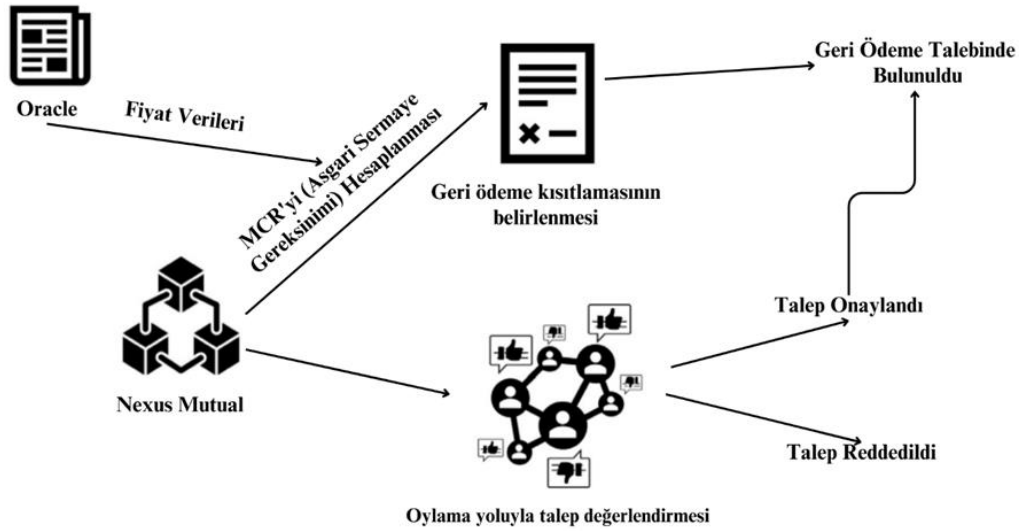
2.2.5. Yearn Finance (YFI)

Yearn Finance (YFI), kripto para kullanıcılarının farklı merkeziyetsiz finans protokolleri üzerinden varlıklarını ödünç vererek gelirlerini arttırmalarını sağlayan ve Ethereum blokzincirine bağlı açık kaynak bir platform olmakla birlikte kullanıcılar için otomatik getiri toplama aracı görevi gören bir akıllı sözleşme protokolüdür. YFI kullanıcıların en yüksek getirili likidite havuzlarında kalmalarını sağlamayı amaçlar. Bunun için bağlantılı merkeziyetsiz borsalardaki fonları takip eder (Shah vd., 2023). 2022 yılının temmuz ayında kullanıma sunulan Yearn Finance merkeziyetsiz finans alanında, kullanıcılara kredi toplama, getiri yaratma gibi pek çok ürün sunmaktadır (Xu ve Feng, 2022). Yearn protokolü her stabil coin için bir havuz oluşturmaktadır. Kullanıcı bir havuza stabil coin yatırır. Yatırılan bu coinin getiri sağlayan eşdeğeri olan yToken'larını alır. Yani kullanıcı DAI yatırmış ise protokol DAI'nin eşdeğeri olan yDAI yayınlar. Toplanan DAI'ler en yüksek getiri için farklı borç verme protokolleri arasında taşınabilmektedir. Kullanıcının başlangıçtaki DAI'yi ve gerçekleşen faizi çekmek istemesi durumunda yDAI'lerini yakarak temel DAI'yi alır (Finance, 2021).

2.2.6. Merkeziyetsiz finansta sigorta sistemi

Merkeziyetsiz finanstaki sigorta sistemi, geleneksel sigortacılığa benzetmekle beraber burada akıllı sözleşmeler dahil olmaktadır. Yani sigorta sistemi için yürütülebilir kodlar devreye girmektedir. Amaç sigortacılığı merkeziyetsiz finans özelliklerine uygun bir şekilde yürüterek aracı kurum gereksinimini ortadan kaldırmaktır. Nexus Mutual sistemine üye olan kullanıcı, kullanacağı merkeziyetsiz platformu, süre ve miktar ayarlamasını yaparak sigortalama işlemi için ödenmesi gereken ve sistem

tarafından belirtilecek olan prim rakamını alır ve daha sonra cüzdanını bağlayıp ETH ve DAI kullanarak bu primi öder. Bu şekilde kullanıcı kendini sigortalamış olur (Sert, 2022). Kullanıcılar Nexus Mutual ile bir getiri tokeninin sabitini kaybetme, protokol arızaları, borsa veyahut cüzdanlarda bilgisayar korsanlığı gibi risklere karşı kendilerini sigortalayabilmektedir (Cousaert, 2022). Geleneksel kurumsal yönetime yakın bir sistemi olan Nexus Mutual, kayıtlı bir şirket tarafından yönetilmektedir. Burada tokenize edilmiş oy hakları için bir kişi bir oy ilkesi söz konusudur (Barbureau vd., 2023). Aşağıda yer alan Şekil 4’te Nexus Mutual’ın karşılıklı sigorta talep akış şeması verilmiştir.



Şekil 2.4. Nexus Mutual- Sigorta Talep Akış Şeması (Zhao vd., 2022)

Sigorta kapsamına girmek isteyen kullanıcı Minimum Sermaye Gereksinimi’ne (MCR) ulaşmak için belirli bir miktarda varlığını teminat altına alır. Burada MCR’nin değeri Oracle tarafından sağlanan fiyat verileri ile belirlenmektedir. Bu arada kullanıcı tarafından gelen sigorta talebi için onaylanıp onaylanmayacağı konusunda oylama ile değerlendirmeye gidilir. Oylama sonucunda kullanıcının sigorta talebi onaylanırsa, geri ödeme kısıtlaması ile talep gerçekleştirilir (Zhao vd., 2022)

2.2.7. Hegic

Hegic, riskten korunma yani bir diğer adıyla “hedge” sözleşmelerinin oluşumu, sürdürülmesi ve çözülmesinin güvenilir bir şekilde gerçekleşmesini sağlayan bir protokol olmakla birlikte, bu sözleşmenin sahibi olan kişiye yani alıcıya belirli bir fiyattan bir varlığı satın alma veya satma hakkı verir. Hedge sözleşmesi aynı zamanda satıcı tarafa da bir varlığı belirli bir zaman dilimi boyunca alma veya satma yükümlüğüne getirmektedir (Wintermute, 2020). ETH ve wBTC alım ve satım opsiyonlarının verilmesini sağlayan Hegic protokolü geleneksel finans sitemindekine benzer şekilde dijital bir varlığın fiyatında meydana gelebilecek bir çöküşe karşı koruma sağlayabilmektedir (Kitzler vd., 2023; Picard, 2021). Bir başka şekilde ifade edilecek olursa; bu sistemde akıllı kontrat tarafından bir fiyat belirlenmekte ve buna bağlı olarak opsiyon almak isteyen kişi belirlenen bu fiyatı kabul ettiği takdirde prim ödeyerek opsiyonu satın alabilmektedir. Alınan opsiyon kullanıldığında akıllı kontrat ödemeyi likidite bulunan bir havuzdan karşılayarak işlemi gerçekleştiriyor. Havuzda kalan miktar ise bu likiditeyi sağlayanlar arasında bölüşülmektedir. Söz konusu havuza likidite sağlayan aynı zamanda opsiyon satanlar veya yazanlar olarak tanımlanan kullanıcıların kazancı ise satılan opsiyonlardan elde ettikleri ücretler olduğundan, opsiyonun kullanılması bu kişileri zarara uğratmaktadır. Bununla birlikte burada alış veya satışa konu olan şey aslında herhangi bir vade için Ethereum veya Bitcoin’in alınması veya satılması hakkıdır. 2020 yılında 0molly Wintermut3 isimli anonim kişi veyahut kişiler tarafından oluşturulan Hegic’in kendi tokeni olan HEGIC’te mevcuttur. Kullanıcılar bu tokenleri rehin ederek sisteme likidite sağlayarak kar edebilmektedirler (Sert, 2022).

2.2.8. Merkeziyetsiz otonom kuruluşlar

Açılımı Merkeziyetsiz Otonom Kuruluş olan ve blokzincir üzerinde çalışan DAO (Decentralized Autonomous Organization), bir kurumsal yönetim ve karar alma mekanizması ifade etmekte ve mevcut DAO’ların çoğunun altyapısı Ethereum blokzincirine, akıllı kontratlara dayanmaktadır (Sun vd., 2022). Piyasa tahminleri, dernek, proje yönetimi, arabuluculuk gibi birçok alanda kullanımı yaygınlaşan DAO’lar açık kaynak kodlardan oluşan kurallar bütünüdür. Doğanın korunması ve sosyal sorumluluk gibi amaçlar için oluşturulabilmektedirler. Merkezi yönetime tabi olan örgütlerin aksine DAO’larda üye olma, üyeliğin sonlanması, oy hakkı

kullanımları, fon dağıtımı gibi prosedürler akıllı kontratlar üzerinden belirlenmekte ve uygulanmaktadır. İlk DAO örneği Bitcoin olmakla birlikte daha sonra MakerDAO, Smartcash ve Dash gibi farklı özellikte birçok örnek ortaya çıkmıştır (Alkoç, 2023).

DAO' larda, organizasyonla ilgili karar süreçlerine dahil olabilen ve oy hakkı bulunanlar, organizasyonun tokenine sahip üyelerden oluşmaktadır (Karaarslan ve Yazıcı, 2022). Bir merkezi olmayan metaverse platformu olan Decentraland de Ethereum blokzinciri tabanlı olup, ekonomisinin yönetimi bir DAO sözleşmesine bağlı bir şekilde sürdürülmektedir. Burada da organizasyonlarla ilgili etkinlikler herkese açık, merkeziyetsiz, şeffaf bir şekilde yürütülerek akıllı sözleşmelerle koordine edilmektedir. Bu durumda kullanıcıların bir otoriteye bağlı olmaksızın kendi varlık ve arazileri üzerinde söz sahibi olma hakkı bulunmakta ve platformda kişisel hesaplarını kullanarak sağladıkları kazanç ve harcamalarını yönetebilmektedirler. (Aydoğdu ve Toy, 2023).

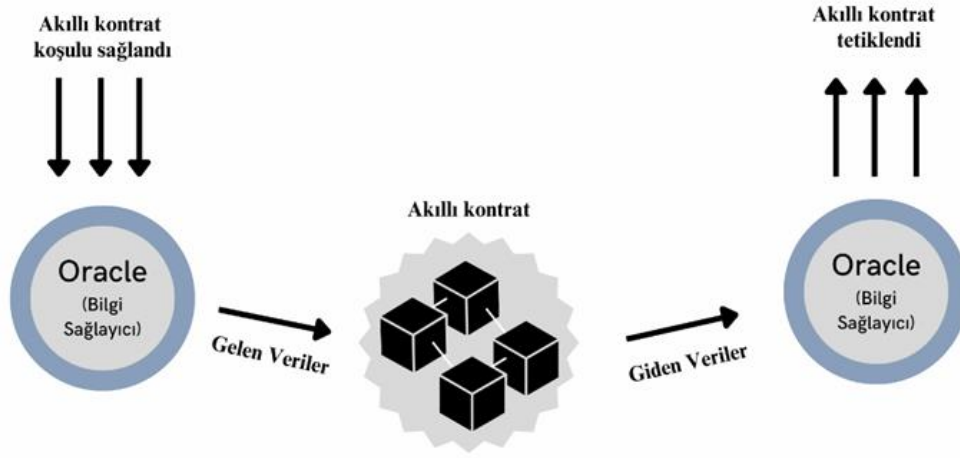
2.2.9. Filecoin

Filecoin, merkeziyetsiz finans alanında yer alan, dijital depolama ve veri alımı sağlayan blokzincir tabanlı bir ödeme sistemi olup depolama ve geri alma pazarı olmak üzere iki pazardan oluşmaktadır. Depolama pazarında (Storage Market) yer alan veriler Filecoin'in zincirinde depolanırken Geri Alma Pazarında (Retrieval Market) yer alan veriler zincir dışı olarak kaydedilir ve böylelikle bu pazarlar veri depolama ve alma hizmetleri sağlarlar (Huang vd., 2020). Depolama pazarı kullanıcıların taleplerini duyurabilecekleri ve bununla birlikte kaynak sunabilecekleri bir nevi değişim noktasını temsil ettiğinden önem arz etmektedir (Sonnino vd., 2019).

Kendi tokeni mevcut olan Filecoin' de kullanıcılar veri depolama ihtiyaçları için Filecoin'in kendi tokeni olan FIL'i harcamakta, karşılığında madenci olarak adlandırılan yazılımcılar da kullanıcılara depolama sağlamakta ve bu sayede ödül kazanmaktadırlar. Burada yer alan kaynaklar daha sonra kendi kendini onaran, InterPlanetary Dosya Sistemine (IPFS) dayalı bir depolama ağında kümelenmektedir, bu nedenle hatalı olan depolama düğümlerini tespit edebilir ve burada depolanan dosyaları güvenilir düğümlere dağıtabilir (Würsten ve Cachin, 2022).

2.2.10. Oracle

Merkeziyetsiz finans ekosisteminde blokzincir ile dış dünya arasındaki etkileşimi sağlayan, bir diğer ifadeyle bilgi aktaran yapılar vardır ve bu yapılar akıllı sözleşmelerin de oluşturulmasını sağlamaktadır. Oracle diye adlandırılan bu yapılar sayesinde merkeziyetsiz finans protokol ve ürünleri oluşturulabilmektedir (Çakmak ve Bayram, 2022). Oracle kullanan protokollere MakerDAO, Uniswap ve Compound örnek verilebilir. Örnek verilen bu protokoller Oracle kullanarak kripto para birimlerinin piyasa fiyatlarının verilerini toplayarak, bu verilere ihtiyacı olan merkeziyetsiz finans uygulamalarına yollamaktadır (Caldarelli ve Ellul, 2021). Protokoller ve zincir dışı kaynaklar arasında veri akışı sağlayarak bir nevi köprü işlevi gören Oracle' lar merkeziyetsiz finans ekosistemi için önemli yapılar olmalarına rağmen dayandıkları mekanizmalar henüz tam anlamıyla bilinmemektedir (Liu vd., 2021). Oracle' lar merkezi, merkezi olmayan ve hibrit olmak üzere üç farklı türde mevcuttur. Merkezi bilgi sağlayıcıları tek bir kaynağa dayanarak veri sağladığından kaynağın manipülasyona maruz kalması sonucu bir siber güvenlik tehdidi ile karşı karşıya kalmaları riski söz konusu olabilmektedir. Merkeziyetsiz Oracle' lar ise daha güvenilir veri sağlamak için çok sayıda kaynak kullanmakla birlikte fikir birliği mekanizmasına dayandığından, sistemdeki düğümlerin rüşvet ya da benzeri yollarla kötü niyetle birleşmeleri sonucu yine bir risk ortaya çıkabilmektedir (Babu ve Pal, 2023). Bunlara ek olarak güvenlik açısından olası manipülasyonlara karşı savunmasız olmayan, güçlü bir veya daha fazla bilgi sağlayıcının kullanılması haksız tasfiyelerin önüne geçmede önemli bir etkidir (Bertucci vd., 2023). Farklı yazılım uygulamaları arasında API' ler ile veri transferi sağlayan Oracle' lar, Hizmet Seviyesi Anlaşması (SLA) olarak adlandırılan belirli talimatlara göre belirlenen verileri blokzincire çekerler veya zincirin dışında bırakılırlar (Ezzat vd., 2022).



Şekil 2.5. Oracle Çalışma Şeması (El Betioui vd., 2023)

Şekil 2.4’te görüldüğü üzere, akıllı kontratın şartları değerlendirmek ve çalışmasını sağlamak için gerekli zincir dışı kaynaklar oracle tarafından sağlanmaktadır. Fikir birliği sonucu oluşturulan koşullar ve bu koşullar sağlandığında gerçekleştirilecek eylemleri açıklayan talimatlara dayanan akıllı sözleşmeler bu şekilde oracle tarafından aldığı verilerle iki kullanıcı arasında işlem gerçekleştirebilecektir (El Betioui vd., 2023).

2.2.11. Merkeziyetsiz finasta cüzdan çeşitleri

Merkeziyetsiz finasta kullanılan cüzdanlar, kripto para kullanıcılarının varlıklarını bulundurdıkları, gerektiğinde blokzincirler üzerinden bu varlıkların alış-verişinin yapıldığı yazılımları ifade etmektedir. Bu cüzdan tiplerinde iki anahtar mevcuttur. Bunlar genel anahtar (public key) ve özel anahtar (private key) olup, bir nevi geleneksel finans sistemindeki IBAN numarası ve kullanıcı şifresi görevi görmektedirler (Oğuz vd., 2023). Kripto varlıkların için kullanılan cüzdanlar internete bağlı olup olmamalarına göre ikiye ayrılırlar. Online cüzdanlar olarak adlandırılan internete bağlı olan cüzdanlar web, masaüstü, mobil cüzdanlar şeklinde bulunmaktadır (İşler vd., 2019). Bu cüzdanlar aynı zamanda sıcak cüzdanlar olarak da adlandırılmaktadır (Oğuz vd., 2023).

Web cüzdanlar, internet tarayıcısı üzerinden, erişim sağlanan cüzdan tipleridir ve her cüzdanın kendi özel web sitesi bulunmaktadır. Burada cüzdanına ulaşmak isteyen kullanıcı için e-posta, SMS ve şifre üzerinden kimlik doğrulaması yapılarak erişimin güvenliği sağlanmaktadır (Durmuş ve Polat, 2018). Kullanıcıların işletim sistemi ya da donanım üzerinde çalışan uygulamalar olmakla birlikte, masaüstü cüzdan tipleri, bunlar üzerinde meydana gelebilecek bir problem kullanıcının cüzdana ulaşımını sıkıntılı hale getirebilir hatta yedeklemenin olmadığı bir durumda ulaşımı imkânsız hale gelebilir (Alınışık, 2019). Mobil cüzdanlar ise mobil cihazlar, tablet veya bilgisayarlar üzerinden uygulamalarla erişim sağlanan cüzdanlar olmakla birlikte burada da özel ve genel olmak üzere iki anahtar söz konusudur (Tekir vd., 2023). Mobil cüzdanlar taşınması açısından kullanışlı olduğundan, kullanıcılara rahatlık sağlamaktadır. Bunun yanında mobil cüzdan kullanıcılarının cihaza virüs bulaşmaması konusunda dikkatli olmaları gerekmektedir çünkü böyle bir durum kullanıcının kişisel verilerinin ele geçirilmesi gibi bir tehlikeye yol açabilir (Darar, 2023).

İnternete bağlı olmayan cüzdanlar ise donanım cüzdanlar ve kâğıt cüzdanlardır. Donanım cüzdanlar USB belleğe benzemektedir. Kullanıcılar kripto paralarını bu yapılarda depolayarak, internete bağlı cüzdanlara oranla varlıklarını daha güvenli bir şekilde tutarlar. Çünkü donanım cüzdanlara kötü niyetli yazılımlarla veyahut benzeri müdahalelerle ulaşım kolay değildir. Bu cüzdanların özel anahtarları ve PIN kodları bulunmaktadır. Bununla birlikte donanım cüzdana sahip bir kullanıcı, cüzdanını kaybettiğinde ya da cüzdanda hasar oluşumunda, başka ortamlara kayıtlı olan özel anahtar bilgisi sayesinde cüzdan içindeki varlıklarına tekrar ulaşabilmektedir. Bir diğer internete bağlı olmayan cüzdan olarak kullanılan kâğıt cüzdanlar ise kâğıt formunda olup ve üzerlerinde veri bütünlüğünün kontrolü için hash değerleri mevcuttur. Bu değerler özel ve genel anahtar bilgisinin hash değerleri olmakla birlikte matematiksel değerler bütününden oluşmaktadır. Bu cüzdanlar aynı zamanda soğuk cüzdanlardır (Oğuz vd., 2023).



3. KRİPTO VARLIKLAR VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Çalışmanın bu bölümünde kripto varlıkların açıklamalarına yer verilmiş olup yine bu çalışmanın araştırma konusuyla ilişkili olarak uzlaşma protokolleri tanıtılmıştır. Kripto varlıklarda kullanılan uzlaşma protokolünün çevreyle ilişkisini açıklamayı amaçlayan bu bölümün devamında çevre kirliliğine neden olan faktörler ve çevre kirliliği türleri detaylı bir şekilde ele alınarak iklim değişikliği hakkında açıklamalar yapılmıştır.

3.1. Kripto Varlıklar

3.1.1. Bitcoin

Bitcoin, 2009 yılında anonim olan mucidi Nakamoto tarafından kripto para birimi olarak makale ile tanıtılmış bir kripto varlıktır. Açık kaynak yazılıma sahip Bitcoin'in ortaya çıkarılmasındaki amaç, taraflar arası ödeme sistemine aracı kurumları dahil etmeden, işlemlerin merkeziyetsiz şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacak bir ortam oluşturmak olup, bu sayede sermaye kısıtlaması olmadan bireye gizlilikle güvenli bir şekilde varlık alış-verişi imkânı sunmaktadır (Rahardja vd., 2021). Herhangi bir CEO veya bahut bağı olduğı bir devlet kurumu bulunmayan Bitcoin'in 2140 yılına kadar düzenli bir ihraç programı ile arzının kontrol altında enflasyon düşürücü etkide sağlanması hedeflenmektedir (Warmke, 2024).

Bitcoin'in altyapısını blokzincir teknolojisi oluşturmaktadır. Yapısı kriptografiye dayanan blokzincirinde yer alan bloklar güvenlik için birbirlerine iz değeri (İngilizcesi hash) adı verilen belirli uzunluktaki harf ve sayılardan oluşan bir veri ile bağıdır. İz değeri her bir blok için özel olarak üretilir ve her blok bir önceki bloğun izini tanır. Bu sayede işlem kayıtlarının güvenli bir şekilde depolanması sağlanır. Depolanan işlem bilgilerinin dağıtık bir sistem üzerinde bulunması, sistemi merkezi bir müdahaleden korumaktadır (Güçlütürk, 2021). Bitcoin'in kullanımına yönelik cazip gelen en büyük avantajı da altyapısını oluşturan teknolojinin merkezi müdahalenin bulunmasına izin vermeyecek devlet veya aracı kurumlar gibi merkezi bir otoritenin kontrolünü gerektirmeyecek bir şekilde oluşturulmasından kaynaklanmaktadır. Bitcoin'in bu özelliği; işlemlerin, düşük maliyetlerle, şeffaf ve gerekli hallerde döviz bozdurma gibi işlemlerle uğraşılmasını gerektirmeden gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Yaman, 2021).

3.1.2. Ethereum

Vitalik Buterin, Bitcoin' in ortaya çıkışından sonra blokzincir yapısını geliştirerek ve akıllı sözleşmeler olarak adlandırılan otonom işleyişe sahip kodlar bütününe zincire dahil ederek SHA-256 sertifikasıyla farklı bir yazılım olan Ethereum'u ortaya çıkarmıştır (Tevetoğlu, 2021). Vitalik Buterin tarafından tanıtılan ve işlemlerin fikir birliği yoluyla doğrulandığı Ethereum, blokzincir üzerindeki diğer gelişimleri desteklemektedir (Öngel, 2022; Vujičić vd., 2018). Ethereum'da herkese sahiplik ve kendi kurallarını oluşturma olanağı sağlayan soyut bir katman mevcuttur. Bir dizi yürütülen kodu temsil eden akıllı sözleşmeler sayesinde belirli koşulların sağlanması ile bu olanaklar gerçekleştirilebilir (Vujičić vd., 2018). Yapılan işlemin hesaplar arası gönderilen bir mesaj olarak tanımlandığı Ethereum' da yapılan işlemlerin içeriği; mesajın alıcısı, gönderenin imzası işlemin konusu olan Ether miktarı ve GasPrice (GasFee de denir) verilerini içermekle birlikte buradaki GasPrice, Ethereum ağında akıllı kontratın gerçekleştirdiği işlemler için gerekli ücreti ifade etmektedir (Vujičić vd., 2018; Chen vd., 2020). Bir diğer ifadeyle kullanıcının işlemini gerçekleştirebilmesi için ödemesi gereken bir komisyon ücreti şeklinde de tanımlanabilir (Vujičić vd., 2018). Ethereum'da da Bitcoin de olduğu gibi tüm bloklar birbirlerinde bağlıdır ve her blok bir öncekinin izini (hash) içermektedir (Chen vd., 2019). Ethereum ağının temeli eşten-eşe (Peer-to-Peer) ağ sisteminde dayanmaktadır ve bir düğüm ağı dahil olduğunda doğrulama veya madencilik işleminden önce blokzincirin durumunu indirmek için eşleriyle senkronize olmaktadır (Chen vd., 2020).

3.1.3. Shiba Inu

Shiba Inu 2020 yılında gerçekte kim olduğu bilinmeyen Ryoshi takma adlı biri tarafından herhangi bir fayda önerilmeksizin hiçbir otoriteye dayalı olmayan %100 merkeziyetsiz bir kripto varlığın mümkün olup olmadığını denemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu doğrultuda topluluk bu varlığın gelişimini kendi kararlarıyla sağlayacaktı (Stencel, 2023). Kontrolü kendi topluluğu olan SHIBArmy'ye bağlı olan ve adını bir Japon av köpeği Shiba'dan alan bu token, şaka token olarak bilinmekle birlikte Dogecoin' e alternatif niteliği taşımaktadır (BITLO, 2022; Pistunov ve Nikolaenko, 2023). Shiba Inu aynı zamanda Ethereum blokzincirinde yer alan bir kripto varlıktır. (Pistunov ve Nikolaenko, 2023). Topluluk Call of Duty ve Diablo gibi

video oyunların geliştirilmesinde katkıda bulunan William David Volk ile anlaşarak 2022 yılının Ekim ayında NFT tabanlı bir oyun sundular. Shiba Eternity isimli oyun mobil öncelikli olarak Android ve iOS mağazalarında yerini almıştır (Köse, 2021; Özbek, 2022). Literatürdeki çalışmalara bakıldığında Shiba Inu'nun 2021 yılının Mart ayında yükseliş trendine geçtiği gözlenmektedir. Buradaki yükselişin nedeninin Elon Musk'un konuşmalarının sebep olduğu bir etkiden kaynaklandığı söylenebilir (Song vd., 2022).

3.1.4. Chainlink

Ethereum ağının piyasaya sürülmesiyle birlikte gündeme gelen akıllı sözleşmeler, blokzincir teknolojisi ve dolayısıyla merkeziyetsiz finans sisteminin önemli faktörlerinden olmuştur. Akıllı sözleşmeler için başlarda işlevlerini gerçekleştirirken sadece zincir içi veri erişimi mümkündü. Sonrasında geliştirilen Oracle (bilgi sağlayıcı) yapıları sayesinde akıllı sözleşmelere zincir dışından da yani gerçek dünyadan veri ve olayların erişiminin sağlanması mümkün olmuştur (Kaleem ve Shi, 2021). Bu sayede akıllı sözleşmeler çalışırken bilgi sağlayıcı yapılarla birlikte bilgi ve veri kaynağı sağlanmakta ve bu da akıllı sözleşmelere işlevsellik katmaktadır (Eroğlu, 2022). Önceden belirlenmiş koşulların gerçekleştirilmesine bağlı olarak çalışan akıllı sözleşmeler; hava durumu, bankacılık/finansal durumlar, haberler gibi verilerin bilgi sağlayıcı yapılar sayesinde blokzincire iletilmesi durumunda şartlara göre aksiyon almaktadırlar (Ezzat vd., 2022).

Chainlink, blokzincir teknolojisinde zincir dışından zincir içine bilgi erişimini sağlayan bir diğer ifadeyle dış dünya ile zincir arasında bir nevi köprü görevi gören bir Oracle'dır (Chiarelli, 2023; Beniiche, 2020). Chainlink DeFi'de bir bilgi sağlayıcı olup kendi tokeni (LINK) mevcuttur (Chiarelli, 2023; Zhao vd., 2022). LINK tokeni bir ERC677 tokenidir ve uzantısı olduğu ERC20'den farklı olarak "transferAndCall" olarak adlandırılan bir işlevi dahil etmektedir (Chiarelli, 2023). Ethereum ağında geliştirilmiş ilk merkeziyetsiz bilgi sağlayıcı niteliği taşıyan ve ağdaki ekonomik yapının korumasında da etkili olan LINK tokeni, sağlanan hizmetler için ödeme aracı olarak kullanılmaktadır (Ezzat vd., 2022).

3.2. Uzlaşma Protokolleri

Kripto varlıkların altyapısını oluşturan ve yapılan işlemler ile ilgili verilerin bulunduğu blokzincirde, sisteme dahil edilecek yeni veriler için bir karar mekanizması gereklidir. Bu noktada uzlaşma protokolleri türüne göre bu mekanizma değişmekte ve dahil edilecek yeni verilerin ne olacağı ve kim tarafından karar verileceği kullanılan protokolün işleyiş yapısına göre değişiklik göstermektedir (Güçlütürk, 2021). Bölümün devamında bu çalışmanın içeriğindeki kripto varlıkların yüksek elektrik tüketimi sorunu ve dolayısıyla Ethereum ağında gerçekleştirilen merge uygulaması temelinde yatan etkilerden olarak biri görülen uzlaşma protokollerinden bahsedilecektir. Araştırmada ele alınan varlıklarda kullanılan protokoller İş Kanıtı ve Hisse Kanıtı protokolleri olduğundan bölüm bu iki protokol ile sınırlandırılacaktır.

3.2.1. İş Kanıtı (Proof of Work)

İş Kanıtı protokolü, madencilik denilen rekabete dayalı blok oluşturma sürecini ifade etmektedir. Blok oluşturma işlemini gerçekleştirmeyi amaçlayan madenci olarak adlandırılan yazılımcılar, bloklara ait hash değerlerini bulmak için karmaşık problemleri çözerek bloğu oluşturmakta ve zincire eklemektedir (Çallı ve Şentürk, 2021). Bu fikir birliği algoritmasında, ağda yer alan madenciler zorlu matematiksel bulmacaları çözmeye çalışarak, çözen ilk kişi olmayı hedefler. Çünkü mevcut bulmaca veya problemi çözen ve çözümünü ağda ilk yayınlayan kişi, eğer söz konusu çözüm ağdaki diğer düğümler tarafından onaylanır ise zincire yeni bir blok eklenmesini sağlamış olur ve işlem bu şekilde gerçekleştirilmiş olur. Bu durum, çözümü kabul edilmiş madencinin, aslında zincirin devamlılığının sağlanmasında rol oynadığı ve katkı sağladığı anlamına gelmektedir (Jain vd., 2024). İş Kanıtı, rekabete dayalı bir protokoldür ve bundan dolayı, blokzincire blok ekleyerek gerçekleştirdiği bu işlem karşısında kazanç elde eden madencilerin yoğun enerji kullanımını gerektirir (Capponi vd., 2023).

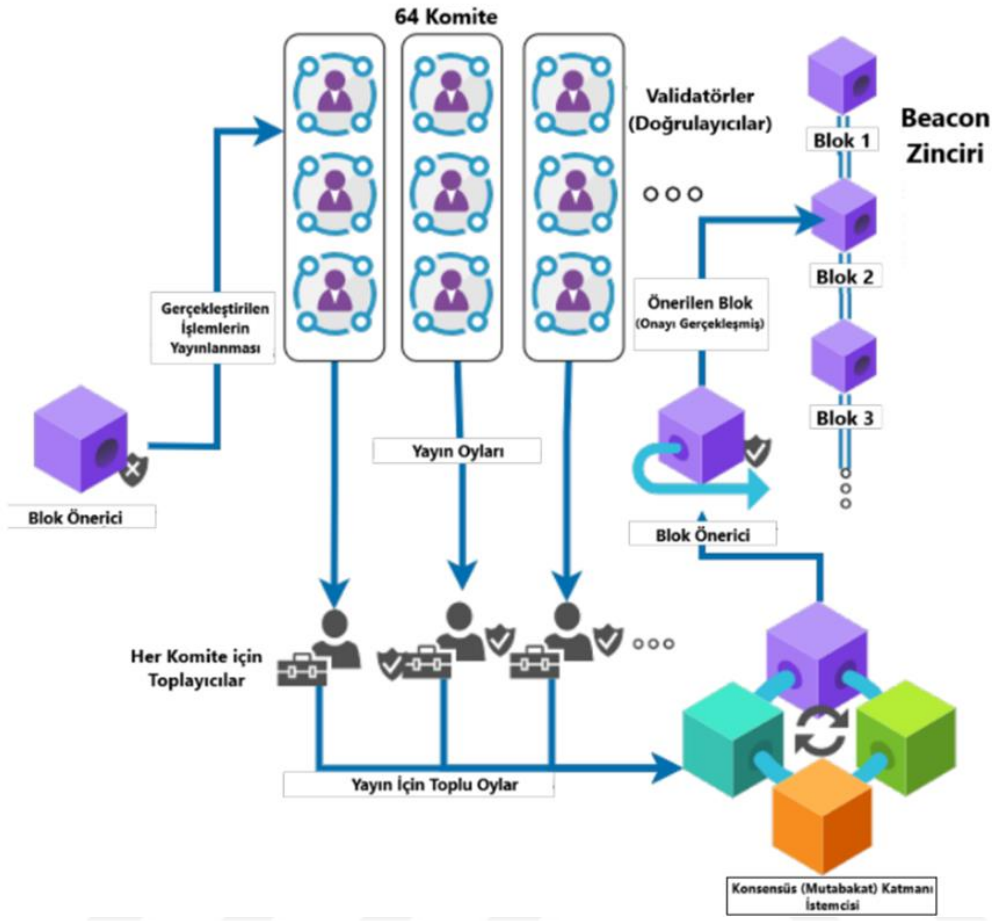
İş ispatında, bloklarda yer alan hash, bir diğer ifadeyle özetleme İş İspatına uygun belirli kurallara uygun şekilde bulunmakla birlikte Bitcoin için yaklaşık on dakika da bir yeni blok oluşturularak zincire eklenmektedir (Çallı, 2021). Madencilik işlemi sırasında yeni bir blok oluşumu için çözülmesi gereken problem ve bulmacalar zor olsa da bu problemlerin çözümünün doğrulanması kolaydır (Ünal ve Uluyol, 2020). İş Kanıtı için %51 atak durumu vardır. Eğer zincir üzerindeki mevcut düğümlerin (node)

%51 veya daha fazlası eşgüdömlü hareket ile blokzincire müdahale edebilmektedir. Bu müdahale tamamlanmış işlemleri tersine çevirmek olabildiği gibi blokzincir tabanlı kripto para birimlerinin bloklarına da müdahale etmek ve eski blokları değıştirmek ve yeni varlıklar oluşturmak şeklinde de olabilir. Bununla birlikte İş Kanıtı yüksek enerji tüketimi gerektirmektedir (Sriman vd., 2021).

3.2.2. Hisse Kanıtı (Proof of Stake)

Hisse kanıtı, İş Kanıtı protokolünden kaynaklı yoğun enerji tüketimi, gecikme gibi sorunların önüne geçmek amacıyla King ve Nadal tarafından 2012 yılında çıkarılan bir çalışmayla ortaya atılmıştır. Burada İş Kanıtı protokolünden farklı olarak dijital varlık sahipliği yani düğümlerin ağda sahip olduğu pay miktarları üzerinden çalışan bir işleyiş söz konusudur. Başka bir deyişle, bir düğümün payı arttıkça doğru orantılı bir şekilde blok ekleme ve doğrulama yetkisi gibi hakları da artmaktadır (Diri ve Yalçinkaya, 2022). Süreç işlemi oluşturan kişinin ağ tarafından onaylanmasını beklemesi ve işlemin alıcısının da bu işlem onayına bağlı olarak ürünün gönderim durumuna karar vermesi şeklinde gerçekleşmektedir. Ağın sorunsuz işlemesi burada önem taşımaktadır. Çünkü işlemlerin beklendiği şekilde sağlıklı bir şekilde gerçekleştirmesi ağın değerinin artmasını ve daha çok işlemin gerçekleştirilmesini sağlayacaktır ki bu da daha çok paydaş tarafından katkı göreceği anlamına gelmektedir (Larimer, 2013).

Hisse Kanıtı protokolünde de İş Kanıtı protokolündeki madencilere benzer şekilde doğrulayıcılar (validatörler) her blok oluşturma süreci karşılığında ödöl almaktadırlar (Saleh, 2021). Ancak İş Kanıtına alternatif olarak sunulan bu protokol, her ne kadar İş Kanıtı'ndaki mevcut riskleri düşürücü nitelikte olsa da farklı riskleri de taşımaktadır. Bunlardan biri sistemdeki büyük pay sahiplerinin varlığının sistem üzerinde daha çok hakka sahip oldukları anlamına gelmesi ve bu tip paydaşların sistem üzerinde hâkimiyet kurma girişimi ihtimalinden kaynaklı bir riski oluşturmastır (Bentov, 2014). Aşağıda yer alan Şekil 3.1'de Hisse Kanıtı protokolünün Beacon Zinciri örnekleminde işleyişi şematize edilmiştir.



Şekil 3.1. Hisse Kanıtı (Proof of Stake) İşleyiş Şeması (Aren, 2023)

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere; yeni gelen blok önerisi, rastgele seçili düğümlerden oluşan bir komite tarafına iletilir. Komiteye sunulan blokta yer alan verilerin komite tarafından geçerli bulunması durumunda işlem yeniden yürütülerek doğrulama süreci için istemciye iletilir. Nihayetinde doğrulanan ve gerekli tüm kontrollerden geçen blok zincire eklenir (Aren, 2023; 7).

3.3. Çevre Kirliliği ve İklim Değişikliği

3.3.1. Çevre kirliliği

Çevre, yeryüzündeki canlıların birbirleriyle etkileşim içinde varlıklarını sürdürdükleri bir ortamı temsil etmektedir. Buna bağlı olarak bu ortamda oluşan kirlilik hem insanların hemde diğer canlı varlıkların yaşamlarını etkilemektedir. Çevrede oluşan kirlilik; hava kirliliği, su kirliliği ve toprak kirliliği olarak karşımıza çıkmakla birlikte, teknoloji alanında gerçekleşen yenilikler, nüfus artışı ve sanayileşme gibi faktörler bu

kirlilikleri arttırmaktadır (İbadullayeva, 2019). Artan ham madde ihtiyacı ve endüstri alanında gerçekleşen gelişmelerle birlikte insan ihtiyaçlarında oluşan değişimler ve bu ihtiyaçların karşılanmasına yönelik gayretler, doğanın tahribatına neden olmakta; bunun sonucu olarak da küresel ısınma ve iklim değişikliği, sera etkisi gibi ehemmiyet arz eden çevre sorunlarını da ortaya çıkarmaktadır (Kahyaoğlu ve Kaya, 2012). Özellikle toplumların yaşam tarzının yeni inovasyonlarla birlikte değişime uğraması yoğun bir şekilde enerji tüketimini gerektirdiğinden çevre açısından olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Dursun, 2023). Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda insan davranışlarının çevre üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu söylemek mümkündür (Erten, 2004).

3.3.1.2. Çevre kirliliğine neden olan faktörler

Çevre Kirliliğine neden olan faktörleri nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme ve tüketim alışkanlıkları olarak sıralayabiliriz.

- i. **Nüfus Artışı:** Nüfusta meydana gelen artış beraberinde insanın temel gereksinimlerinin de artmasına neden olmaktadır. Temel ihtiyaç ve gereçlerin nüfus artışıyla doğru orantılı bir şekilde artması; doğal kaynakların ciddi ve orantısız tüketimine sebep olmaktadır (Appannagari, 2017). Ayrıca nüfus sisteminin işleyiş sürecinin doğru şekilde belirlenmesi, biyolojik çeşitlilik bağlamında oluşabilecek muhtemel kayıpları azaltmada da önemli bir role sahiptir (Maystruk ve Abdella, 2011). Nüfus artışıyla birlikte araç kullanımının da artması ve araçların denetimsiz bir şekilde çalışması gibi faktörlerde hava kirliliğine neden olduğundan çevre kirliliğinin artmasına neden olmaktadır (Kayan, 2018).
- ii. **Kentleşme:** Gelişmekte olan ülkelerde hükümet yatırım, hizmet ve teşviklerinin talebin yoğunluğu göz önünde bulundurularak kentsel bölgelere daha fazla yapılması, köy ve kasaba gibi düşük gelir seviyesindeki yerleşim bölgelerinden kentlere göçü cazip hale getirmiştir. Az gelişmiş olan bu ülkelerde görülen bu tarz göç durumları kentlerde düşük gelirli, yoksul kesimin artmasına neden olarak kamu hizmetlerinin artan nüfus sonucu oluşan yüksek kapasiteye yetersiz kalmasına neden olmuştur. Kentlerin bakımını zorlaştırmış ve beraberinde yaşam kalitesinde düşüklük, kötü ekonomik koşullar ve işsizlik gibi problemleri getirmiştir (Deniz, 2009). Kentleşme çevre sorunlarına neden

- olan önemli faktörlerden biri olmakla birlikte kentleşmede artışın söz konusu olması küresel ısınma ve iklim değişikliği açısından da risk oluşturmaktadır. Kentleşmeyle birlikte sanayi ve ev atıklarında artış oluşmakta; tatlı su kaynaklarının ve havanın kirlenmesi de kaçınılmaz olmaktadır (Akkol, 2019).
- iii. **Sanayileşme:** Bazı ekolojik dünya görüşünü benimseyen düşünürlere göre sanayileşme çevresel problemlerin en büyük sebeplerindendir. Sanayileşmenin neden olduğu bırakılan atıklar çevreyi olumsuz etkilemektedir. Fabrika veya bazı kuruluşların neden olduğu duman, gaz, toz vb. maddeler havanın kirlenmesine neden olan kimyasallara örnek verilebilirken; tarımda kullanılan ilaçlar, enerji, gübre, petrol ve kimya gibi atıklar da çevreye ciddi anlamda zarar verebilmektedir (Kayan, 2018). Buna ek olarak bir diğer sorun sanayi bölgelerinde yer alan atıkların yer altı sularına ve akarsulara karışması ve tarımda sulama yoluyla bu atıkların toprağa da nüfuz ederek toprağın yapısını bozmasıdır. Toksik etki yaratabilen bu durum üretilen bitkisel ürünlerin kalitesini etkilemektedir (Algan ve Bilen, 2005).
- iv. **Tüketim Alışkanlıkları:** Sanayi devrimi sonrası zaman içerisinde artan inovasyon alanlarıyla birlikte üretilen mal ve hizmetler ve bunların üretiminde kullanılan teknikler de değişime uğramış; bu süreçle ilgili olarak tüketim alışkanlıkları da değişime uğramış ve farklılık göstermeye başlamıştır. Bu durum toplumların çok fazla ve sürekli tüketim eğiliminde olmasına neden olmuştur. Bu anlamda kullanılan mal ve hizmetlerin artması bir anlamda atık miktarının artmasını anlamına da geldiğinden ve çevreye ciddi anlamda zarar verdiğinden küresel ısınmayı da etkilemektedir (Çelik ve Küçük, 2020). İnsanın doğadan faydalanma şeklinin çevresel sorunların temelini oluşturduğunu esas alan bir öneriyi ifade eden derin ekoloji; insanların temel yaşamını devam ettirebilmesi için gerekli ihtiyaçlarını doğadan karşılayabileceğini fakat bunun dışında, diğer canlıların varlığı da göze alındığında, doğanın sağladığı kaynakları bencilce azaltmaya veya tüketmeye hakları olmadığını savunmaktadır (Ardoğan, 2012; Yaylı ve Çelik, 2011).

3.3.3.3. Çevre kirliliği türleri

Çevresel kirliliğinin tek bir boyutu olmamasıyla birlikte hava, su ve toprak kirliliği gibi türlere ayrılmaktadır.

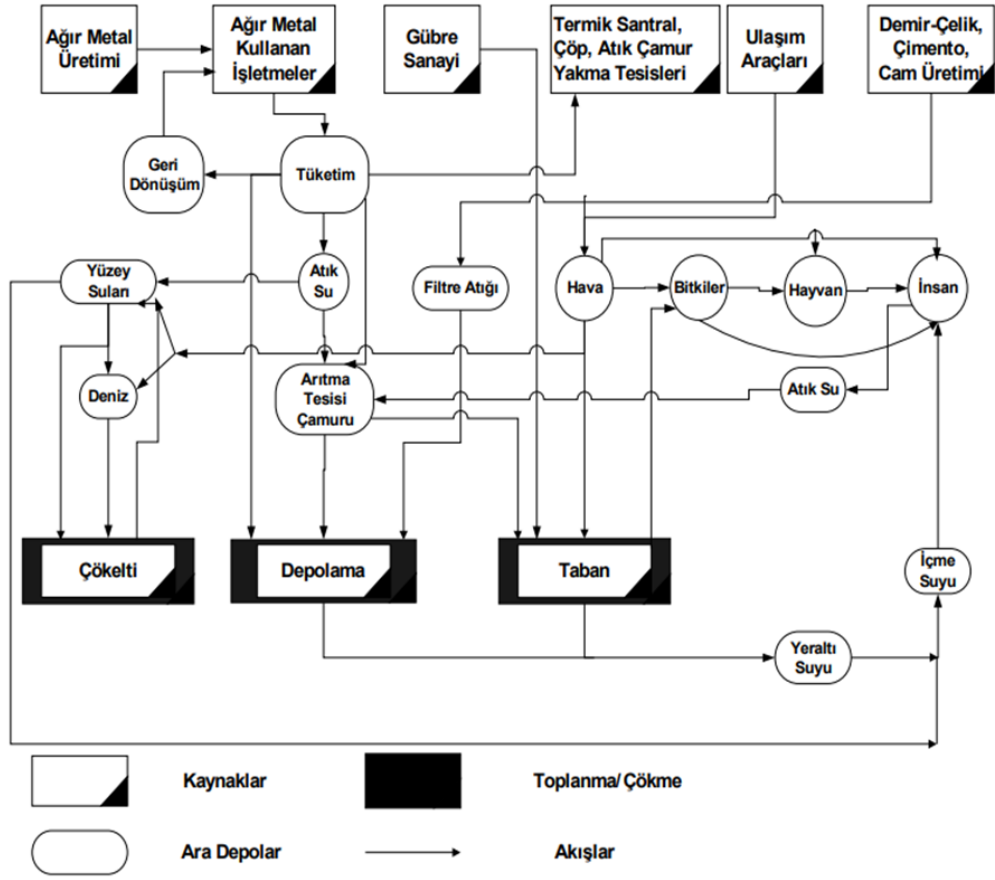
I. Hava Kirliliği: Atmosfer canlı varlıklar için hayati bir öneme sahip olmakla birlikte havanın doğal bileşiminin bozularak kirlenmesi ve dolayısıyla da atmosfere etki ederek yeni bir tabakanın oluşması iklim değişikliğine sebep olmakta, bu durum da yeryüzündeki canlıların yaşamını olumsuz etkilemektedir (Kayan, 2018). Motorlu taşıtların egzoz emisyonları ve yakıt buharları, konut ısıtmaları, termik santrallerin elektrik üretimi sırasında yaydığı zararlı bileşikler ve endüstriden kaynaklı gazlar hava kirliliğine sebep olan kaynaklara örnek olarak verilebilir (Hasımoğlu, 2002).

- **Karbonmonoksit (CO):** Karbonmonoksit; kronik zehirlenmelere sebep olabilen bir gazdır ve CO zehirlenmesi görülen vakaların sinir sistemi veyahut beyininde hasar meydana gelebilmektedir (Kandiş vd., 2009). Rengi, kokusu ve tadı olmayan karbonmonoksit gazı; egzoz gazlarından, endüstriyel atık gazlarından ve bazı soba türleri gibi faktörlerden ortaya çıkmaktadır (Tursun vd., 2017). CO, yanma sonucu oluşan bir gaz türü olup çevre kirliliğine neden olmakla birlikte ani ve doğrudan etkili toksit özelliklerinin varlığı onu daha tehlikeli hale getirerek kirliliğe sebep olan diğer emisyonlardan ayırmaktadır (Kelen, 2014).
- **Karbondioksit (CO₂):** Petrol, doğalgaz, kömür gibi yakıtlar birincil fosil yakıtlar olmakla birlikte içlerinde karbon elementi bulunduğundan, söz konusu yakıtların yanması durumunda içlerindeki karbon açığa çıkmakta ve bu element havadaki oksijen ile birleşerek sera gazını oluşturmaktadır (Saatçi ve Dumrul, 2011). Bu nedenle fosil yakıtların yoğun kullanımı atmosferdeki CO₂ miktarının artmasına sebep olan faktörlerdendir. Buna ek olarak endüstriyel atıklar ve orman yangınları da aynı etkiye sahip durumlardır. (Algan ve Bilen, 2005).
- **Kükürt Oksitler (SO_x):** Kükürt oksitler hava kirliliğine sebep olan kimyasal bileşiklerdir. Atmosfere karışarak hava kirliliğine sebep olan bu bileşiklere SO₂, SO₃ ve SO₄ örnek olarak verilebilir. Bu kükürt

oksitler çoğunlukla termik santrallerden yayılan emisyonlarda görülmektedir. Termik santrallerde elektrik üretimi için yakıtın farklı hallerdeki kullanımı söz konusu olduğundan, bu yakıtların yakılması sonucunda havaya kükürt oksit bileşikleri yayılmaktadır. Kükürt oksitlerin hava kirliliği için oluşturduğu bir başka olumsuz etki de yüksek atmosfer seviyelerine çıkarak hidrojen (H_2) ile birleşip H_2SO_3 ve H_2SO_4 bileşiklerine dönüşüp asit yağmurlarının oluşumuna neden olmasıdır (İlkılıç ve Behçet, 2006). Bunununla birlikte kükürtoksitler SO_2 'nin bitkilerin yapısına karışması bitkilerin gelişimini önleyebilmekte ve olması gereken formunu önleyebilmektedir. Örneğin; bitkilerin stoma adı verilen gözeneklerinden girerek hücre duvarına zarar verir, protein sentezini olumsuz etkiler ve yaprağa yeşil rengini veren kloroplastları deforme ederek renginin açılmasına neden olur (Yücedağ ve Kaya, 2016).

- **Azot Oksitler (NO_x):** NO_x 'ler, SO_2 'ler ile birlikte asit yağmuru oluşumuna neden olabilir ve SO_2 'ler gibi bitki gelişimi için de olumsuz etkiye sebep olabilirler (Yücedağ ve Kaya, 2016). Egzoz gazlarında da bulunan NO_x 'ler çevreye yayılarak hava kirliliğine neden olmaktadır (Köse, 2024). Ayrıca düşük çözünürlüğe sahip olan NO solunum sistemine yayılarak Alveolar yapılarına ve bu yapıların akciğerlerdeki fonksiyonlarına zarar verir. Akciğer iltihabına neden olan azot oksitler bu organların büyümesini de olumsuz etkiler. Azot oksitler konak savunma sisteminin bozulmasına, solunum yolu rahatsızlıklarına neden olmaktadır (Boningari ve Smirniotis, 2016).
- **Kurşun (Pb):** Bilinçsiz sanayileşmeyle birlikte yaşamımıza yayılan kurşun insan sağlığı için tehlikeli bir metal olup, fiziksel ve ruhsal birçok rahatsızlığa sebebiyet vermektedir. Kurşun; inhalasyon, sindirim ve deriden emilme şeklinde insan vücuduna girebilir (Dündar ve Aslan, 2005). Kurşunun insan vücudunda bir işlevi yoktur. Sanayileşmenin artmasıyla birlikte çevreye daha fazla yayılmış ve insan sağlığı için tehlike oluşturur hale gelmiştir (Yapıcı vd., 2002). Kurşun zehirlenmesi sonucu beyinde hasar meydana gelebilmekte; küçük yaşta kurşuna maruz kalan bebek ve çocuklarda ise zekâ geriliği,

öğrenme bozukluğu gibi rahatsızlıklar oluşabilmektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).



Şekil 3.2. Ağır metallerin doğaya yayılmasının şematize hali (Kahvecioğlu vd., 2003)

Şekil 3.2’de kurşun ve diğer ağır metallerin çevreye yayılışının şematize hali yer almaktadır. Görüldüğü üzere ağır metal kullanan işletmelerden kaynaklanan atık suların yüzey ve yer altı sularına karışan metaller içme suyu yoluyla insan vücuduna girebilmektedir. Ağır metaller belirli konsantrasyon düzeyini geçtikleri takdirde toksik hale gelmektedirler. Canlılar için metallerin risk oluşturmada iyonun yapısı ve canlı türü de farklılık göstermektedir. Bununla birlikte belirli konsantrasyon düzeyinin aşılması konusu düzenli olarak yasal kuruluşlar tarafından kontrolü zorunlu kılınmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003).

- **Metan (CH₄):** Metan emisyonu küresel ısınma konusunda en az CO₂ emisyonu kadar önemli bir çevresel faktördür (Shindell vd., 2004). Metan konsantrasyonu, kaynak alanı bakımından geniş bir yelpazeye sahiptir. Tarım ve hayvancılık bu alanların en büyük örneklerindendir. Geviş getiren hayvanların sindirim sistemi yapısı, gübre ve silaj fermentasyonları metan emisyonunun oluşumunda büyük etkiye sahiptir (Kılıç ve Şimşek, 2009). Bununla birlikte metan gazı emisyonlarının büyük bir kısmı fosil yakıt tüketimi, atık ve gömülü atıklar, pirinç tarımı gibi uygulamalardan açığa çıkmaktadır (Akın, 2006).
- **Ozon (O₃):** Ozon, diğer sera gazları oluşumlarının içinde %3-7 arasında katkıya sahiptir (Atabey, 2022). Küresel ısınma nedenlerinden biri olan ozon konsantrasyonu kalp ve solunum rahatsızlıklarının da artmasına yol açmaktadır (Fidanoğlu, 2024).
- **Diazot Monoksit (N₂O):** Diazot monoksit de hayvancılık faaliyetleriyle salınımı artan bir gazlardandır. Tarım sektörünün diazot monoksit yayılımı da önemli oranda hayvancılık sektöründen kaynaklanmaktadır (Acar vd., 2018). Naylon üretimi, gübre ve N₂O fosil yakıt kullanımı diazot monoksitin açığa çıkmasında etkili uygulamalardır. CO₂ ile karşılaştırıldığında N₂O nun atmosferde bulunma süresi daha fazladır ve diazot monoksitin sera gazı etkisi 300 kat daha fazladır (Civelekoğlu ve Bıyık, 2018).

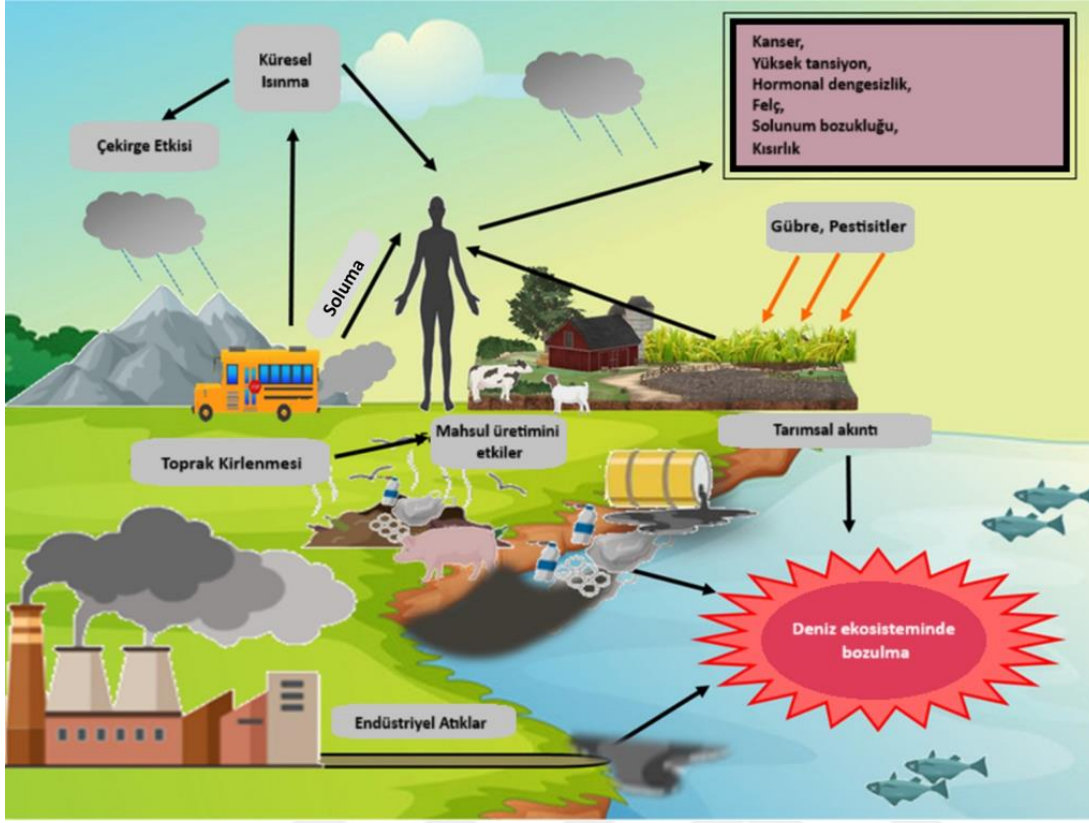
II. Su Kirliliği: Gerek nüfus yoğunluğunun artışına gerek şehirleşme ve sanayileşmeyle birlikte ekosistemde doğal bitki örtüsü ve işlenmemiş toprağın yerini asfalt, tuğla ve beton gibi maddelerin alması toprağın yağmur suyunu emmesini engelleyici etki göstermekte; yağmur sularının doğrudan nehir kanallarına akışına ve buna ek olarak su kalitesinde düşüşe ve su baskınlarına da neden olmaktadır (Uttara vd., 2012). Ayrıca gerekli enerji miktarını karşılamak üzere yapılan sudan elektrik enerjisi üretme ve tarımda yapay gübreleme, tarımsal ilaçların kullanılması gibi faaliyetlerde de su kirliliğine sebep olmaktadır (Türküm, 1998).

III. Toprak Kirliliği: Toprak, yeryüzünde insan ve diğer canlıların yaşamının temelinde bulunan önemli bir kaynak olup küçük bir bölümü bile başta

mikroskobik canlılar olmak üzere birçok canlıyı etkileyebilmektedir. Bu nedenle toprağın temiz ve canlılar için kullanılabilir olması yüksek önem teşkil etmektedir (Karaca ve Turgay, 2012). Toprak kirliliği, insanların bilinçsiz ve tahrip edici davranışlarının toprağın yapısındaki kimyasal, fiziksel ve biyolojik dengenin bozulmasına neden olmasıyla ilgilidir (Algan ve Bilen, 2005). Toprak kirliliğine neden olan faktörler sanayileşme, şehirleşme tarımsal uygulamalar; bu doğrultuda kurşunlu benzin, kurşun bazlı boya kullanımı, hayvancılıkta kullanılan gübreleme uygulamaları, petrokimyasallar ve pestisitler örnek olarak verilebilir (Çolak vd., 2021). Buna ek olarak yapılan bazı araştırmalara göre yüksek trafik yoğunluğuna sahip bölgelerde otoyolların bulunduğu noktalarda ağır metal oluşumuna bağlı toprak kirliliğinin arttığı ve bundan dolayı otoyollara yakın alanlarda yaşayan insanların bu kimyasal kirlilikten çok daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmalar ağır metale maruz kalan çocuklarda gelişimsel bozuklukların gözlemlendiğini göstermektedir (Bodur vd., 2023).

- IV. Gürültü Kirliliği:** İnsan sağlığını etkileyen bir diğer çevre kirliliği türü olan gürültü kirliliği, fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Yapım onarım faaliyetleri, kara ve havayolları araçları gibi faktörler bu kirliliğin kaynaklarındandır. Bu tip faktörler insanda rahatsızlık, sinir ve yorgunluk gibi durumlar oluşturabilirken aynı zamanda işitme sorunları, gündelik hayatta verimliliğin azalması gibi faktörlere sebep olarak yaşam kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Türk ve Buyrukoğlu, 2024). Sorensen (2014) tarafından yapılan bir çalışmada trafik gürültüsü ve hava kirliliğinin (özellikle NO₂'den kaynaklı hava kirliliği) iskemik inme ile ilişkili olduğu gözlemlenmiştir (Cansaran, 2019). Bununla birlikte gürültü kirliliği çevrede sakinliği giderir ve bulunduğu bölgenin kalitesini düşürür ki yaşam kalitesinin ölçümünde gürültüsüz ortamda yaşam bir gösterge kabul edilmekte; dolayısıyla bu durum gürültü kirliliğinin ülkelerin gelişmişlik düzeyinde de etkili olduğunu göstermektedir (Önder ve Gülgün, 2010).

Aşağıda yer alan Şekil 3.3'te yer alan görselde çevre kirliliğinin canlıların yaşamı üzerindeki etkileri gösterilmiş ve sonuçlarına değinilmiştir.



Şekil 3.3. Çevre Kirliliği (Kumari ve Das, 2023)

Şekil 3.3'te görüldüğü üzere endüstriyel ve tarımsal atıkların denize akması deniz ekosisteminde bozulmaya yol açarak denizde yaşayan canlılar için tehlike oluşturmaktadır. Toprakta oluşan kirlilik de mahsul üretimini etkilemekle birlikte burada yaşayan canlıların beslenme yoluyla etkilenmesine sebep olmaktadır. Bununla birlikte taşıtlardan çıkan zararlı gazlar üretimde kullanılan gübre ve pestisitler de insan vücuduna girerek kanser, yüksek tansiyon, felç, solunum bozukluğu ve kısırlık gibi çeşitli hastalıklara yol açmaktadır. Ayrıca hava kirliliğine neden olan zararlı gazlar, küresel ısınmada etkili olduğundan insan ve diğer canlıların yaşamlarını olumsuz etkilemektedir.

3.3.2. İklim değişikliği

Dünyanın doğal dengesinde meydana gelen bozulmaların etkisiyle iklim değişikliği kaçınılmaz olmuş, özellikle insan faaliyet ve bilinçsizliği bu durumu daha ciddi boyutlara taşır hale gelmiştir. İlgili araştırmacılara göre iklim değişikliğine sebep olan, doğal dengenin bozulmasını tetikleyen insan davranış ve alışkanlıklarında düzelme olmadığı ve gerekli önlemler alınmadığı sürece iklim değişikliği üzerinde olumsuz

etkilerin artacağı ve dünyadaki canlıların yaşamını olumsuz etkileyen küresel ısınmanın giderek artan bir problem haline dönüşeceği öngörülmektedir (Öztürk, 2002). İklim değişikliği erozyon, sel ve taşkınlara neden olabileceği gibi enerji tüketim ve maliyetlerinde de değişimlere sebep olabilir. Ayrıca toplumsal açıdan ele alındığında salgın hastalıklara ve ölümlere neden olabilen iklim değişikliği; doğal yaşam alanlarının yok olmasına, doğal çevre üzerinde tür çeşitliliğinin ve su arzının azalmasına, orman dağılımının ve verimliliğin olumsuz etkilenmesine ve bunlar gibi daha birçok problemin ortaya çıkmasına neden olabilecek potansiyele sahiptir (Doğan ve Tüzer, 2011).

İklim değişikliği, toplumlar için tartışmalı bir konu olmakla beraber, küresel iklim sistemi karmaşık bir yapıya sahiptir. Bununla birlikte iklim değişikliği konusunda önemli oranda etkileyici bir faktör olan sera gazı emisyonları ise, bu emisyonlara sebep olan faktörlerde meydana gelen artışın mevcut belirsizliğin daha çok yayılmasına sebebiyet verdiğinden, iklim değişikliği konusunu daha karmaşık ve tartışmalı hale getirmektedir (Meah, 2019). Yeryüzünde doğal süreçlerle iklim değişikliği söz konusu olabilir. Bununla birlikte, farklı bölgelerdeki sıcaklıklılarda meydana gelen yüksek dereceli değişimlerle ortaya çıkabilen iklim değişikliği, yağışlarda meydana gelen değişimleri de içerebilmektedir (Türkeş vd., 2000). Özellikle son yıllarda iklim değişikliğinin doğal yollarla mı yoksa insan faktöründen kaynaklı mı oluştuğu merak konusu olmuş, iklim konusunda temel sorun haline gelmiştir. Bu arayışın nedeni ise sanayileşmenin iklim değişikliğini olumsuz etkilediği yönünde oldukça fazla bulgunun varlığı olmuştur. Dolayısıyla mevcut veriler doğrultusunda 1980’li yılların sonunda insan faaliyetleriyle iklim değişikliği arasındaki ilişkinin incelenmesi önem kazanmıştır. Bunun bir göstergesi olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nde (1992) iklim değişikliği ile ilgili ek olarak insan faaliyetlerinden kaynaklı atmosferde meydana gelen bozulmaların sonucu oluştuğunu ifade eden bir tanımlamaya yer verilmiştir (Özel ve Kılıç, 2006).

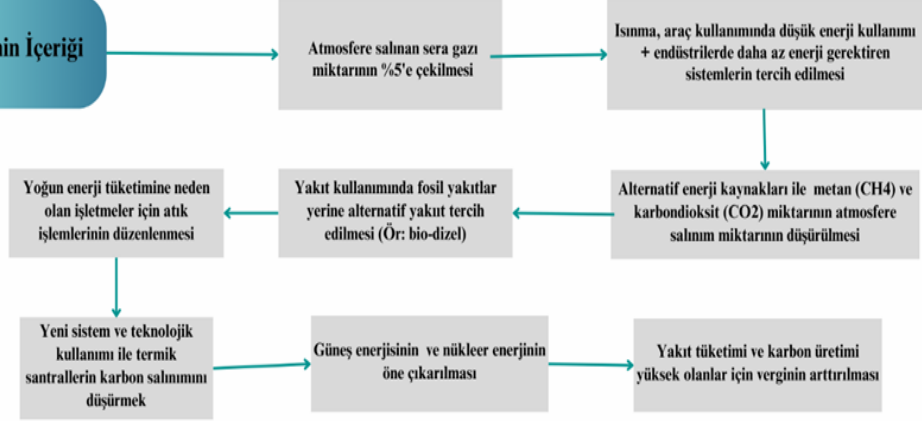
Genellikle risk yönetimi ile bağlantılı olan politika oluşturma, iklim değişikliği konusunda da karşımıza çıkmaktadır ve iklim değişikliğine sebep olan faktörlerin temel yönlerini etkileyen önlemlerin kararlaştırılması ve politika oluşturulması iklim bilimcileri ilgilendirmektedir. İklim değişikliğine sebebiyet veren ve aynı zamanda iklim değişikliğinin nedensel zinciri olarak tanımlanan olaylar; insan faaliyetlerinin

atmosferik konsantrasyonlara etki etmesini, atmosferik konsantrasyonlarda meydana gelen bu etkilerin iklimi değiştiren hava şartlarını tetiklemesini ve sonrasında canlıların yaşam şartlarının etkilenmesini ifade etmektedir (Smith ve Stern, 2011). Türkiye’ de iklim sorununa yönelik adımlar esasen 1960’lı yıllara dayanmaktadır. Fakat bu alanda sorumluluk alacak kadar gelişmeye sahip olmaması gibi nedenlerle bu alanda yeterli ilerlemeyi gösterememiş ve bir süre gelişmekte olan ülkeler için getirilecek sorumlulukların ne olacağı ile ilgili gözlem yaparak uluslararası iklim değişikliği rejimine dahil olmayı ertelemiştir. 1980’li yılların sonlarına doğru gerekli adımlar için Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı ile aksiyon alan Türkiye, iklim değişikliği ve hava kirliliği sorunlarının önünü almaya yönelik çalışmalara başlamak üzere İklım Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu ve daha sonrasında 1999’da Ulusal evre Eylem Planı’nı (UEP) oluşturmuştur. Uluslararası alanda da büyük önem taşıyan iklim değişikliği ile mücadele sorunu kapsamında sera gazı emisyonlarının azaltılması amacıyla ıkarılan Birleşmiş Milletler İklım Değişikliği ereve Sözleşmesi sonrası Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi anlaşmalar gündeme gelmiş ve kabul grmştir (Selçuk, 2023). İklım değişikliği konusunda uluslararası iklim sözleşmeleri önemli bir yere sahip olmakla birlikte bu sözleşmelerin amacı ülkeler arası ortak bir anlayış ve birlikte hareket ile ülkelerin kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde söz konusu sorunu ele almak ve gerekli politikaları oluşturmaktır (Efe, 2023). Bu doğrultuda şekil 3.4 ve şekil 3.5’te iklim değişikliğine yönelik uluslararası alanda politika oluşturma adımlarından olan Kyoto Protokolü ve Paris İklım Anlaşması’nın ana hatları şematize edilmiştir.

Kyoto Protokolü

Kabul Tarihi: 11 Aralık 1997
Yürürlüğe Giriş Tarihi: 16 Şubat 2005

Sözleşmenin İçeriği

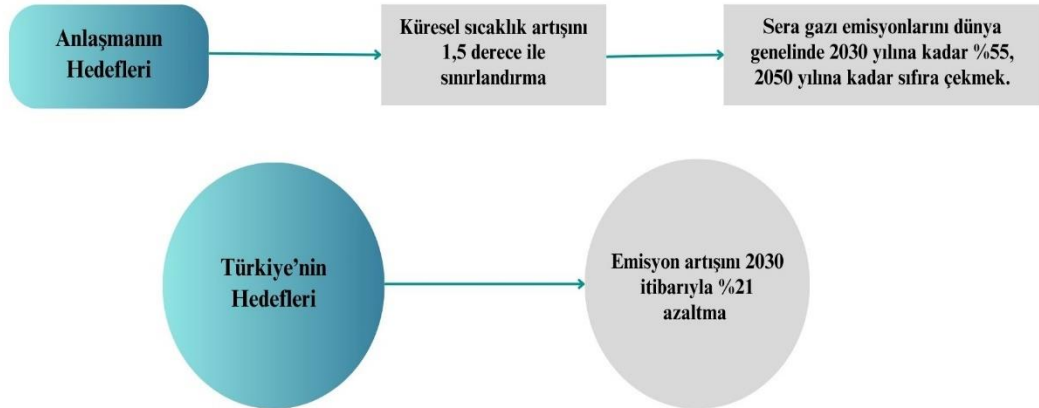


Şekil 3.4. Kyoto Protokolü (Şahin, 2016)

Paris İklim Anlaşması

Kabul Tarihi: 12 Aralık 2015
Yürürlüğe Giriş Tarihi: 4 Kasım 2016

Anlaşmanın Hedefleri



Şekil 3.5. Paris İklim Anlaşması (Karakaya, 2016; Ergün ve Aksoy, 2023)

Yukarıda verilen Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'ten de anlaşılacağı üzere küresel bir sorun olarak görülen iklim değişikliğinin önlenmesinde sera gazı oranlarının düşürülmesi öncelikli hedeflerden olmakla beraber özellikle karbon emisyonunun kontrol altına

alınmasının, karbon elementinin her maddeyle bileşim gösterdiğinden yaşam formları için önemli bir yapı taşı niteliğinde olması ve dolayısıyla sera gazları arasında en yaygın gazın CO₂ olmasından dolayı büyük önemi vardır (Köse, 2018).





4. UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde, önce literatürde yer alan benzer içerikli çalışmalara örnek verilecek; verilen örnek çalışmaların kapsamaları ve varsa yapılan uygulama sonuçları yorumlanacaktır. Sonrasında araştırmanın amacına, önemine ve kısıtlılıklarına değinilecek ve ardından ele alınan veri setleri ile araştırmanın modeli ve hipotezleri belirtilecektir. Son olarak yöntem kısmında analizlerde kullanılmak üzere tercih edilen test uygulamaları açıklanacak ve yapılan testlerden elde edilen sonuçlar tablo halinde gösterilerek yorumlanacaktır.

4.1. Literatür Taraması

Zhang ve Chan (2020), İş Kanıtı ve Hisse Kanıtı protokollerinn enerji tüketimlerini inceledikleri çalışmalarında bir karma protokol önerisinde bulunmuşlardır. Bu iki protokolü birleştirmeyi önerdikleri çalışmalarında, önerdikleri yeni modelin performansını enerji tüketimi, güvenilirlik ve tarafsızlık bakımından değerlendirmişlerdir. Çalışmada, İş Kanıtı ve Hisse Kanıtı protokolleriyle oluşturulan karma bir mutabakat mekanizmasının; tarafsızlık, güvenilirlik ve yoğun enerji tüketimi sorunlarını çözücü nitelikte olabileceği vurgulanmıştır.

Schinckus vd., (2020) kripto para ticareti ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında 2014M1- 2017M12 dönemleri arasındaki verileri ARDL Sınır Testi ve Granger Nedensellik testi ile analiz etmişlerdir. Analizlerden elde edilen bulgulara göre kripto para ticaret hacmi ile enerji tüketimi arasında uzun vadeli birlikte hareketlilik söz konusu olmakla birlikte pozitif korelasyonun varlığını ve kripto para ticaret hacminden enerji tüketimine doğru nedensellik ilişkisinin mevcut olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda kripto varlık işlemlerinin artmasına bağlı olarak enerji tüketiminin de arttığı ve çevresel etki yarattığı belirtilmiştir.

Roeck ve Drennen (2022) Yaşam Döngüsü Değerlendirme metodolojisini kullanarak Bitcoin'in yüksek enerji gerektiren madencilik sürecinin çevresel etkileri üzerine çalıştıkları bu çalışmada madencilik faaliyetlerinin küresel ısınmaya katkı sağladığını ve aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadele uygulamaları ve girişimleri için risk teşkil ettiğini vurgulamışlardır.

Erdoğan vd., (2022) kripto para fiyatlarının etkilerini standart ve asimetric nedensellik yöntemlerini kullanarak araştırdıkları çalışmalarında Bitcoin, Ethereum ve Ripple

kripto paraları ve karbon emisyonu üzerinden değerlendirme yapmak amacıyla Toda-Yamamoto ve bootstrap destekli Toda-Yamamoto testlerini uygulamışlardır. Analiz sonuçlarında Fourier Toda-Yamamoto nedensellik sonuçlarında Bitcoin'den çevresel bozulmaya doğru nedensellik gözlemlenirken, Ethereum tarafında ise böyle bir etkinin olmadığı tespit edilmiştir. Toda-Yamamoto ve Bootstrap-Düzeltilmiş Toda-Yamamoto testlerinden elde edilen sonuçlarda ise Bitcoin ve Ethereum kripto varlıklarından karbon emisyonuna doğru nedensellik söz konusu olduğu fakat Ripple tarafında böyle bir durumun olmadığı sonucuna varmışlardır.

Howson vd., (2022) kripto varlıkların düşük gelirli ve savunmasız topluluklar için çevresel risklerini ele aldıkları çalışmalarında risk teşkil eden durumları önlemek için 4 potansiyel çözüm yolundan bahsetmişlerdir. Bunlar; gönüllü özel sektör taahhütlerinin yalnızca yenilenebilir enerji kullanılmasına yönelik ve gönüllü bir karbon dengeleme sistemine teşvik, halihazırdaki mali ve vergi düzenlemelerinin uygulanması son olarak da kripto varlıklarda madencilik işlemlerini ulusal çapta veya uluslararası düzeyde engellemek üzere bu alanda yasaklar getirmek. Ayrıca madencilik işlemlerinin düzenlenmesi konusunda; zahmetli bir süreç neden olabileceğini ve nihayetinde de tatmin edecek bir neticeyle sonuçlanma olasılığının çok düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Miškiewicz vd., (2022) kripto ticareti ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamışlardır. Verilerin analizinde Pedroni and Kao panel eşbütünleşme testleri, FMOLS ve DOLS panel eşbütünleşme modelleri ve Vector Hata Düzeltme Modelleri tercih edilmiştir. Yapılan araştırma sonunda uzun vadede kripto varlık ticareti ile yenilenebilir enerjilerin toplam enerji tüketimindeki payı arasında bir ilişkinin varlığının tespit edilmediği belirtilmiştir.

Felek vd., (2023) Bitcoin ve CO2 emisyonu arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında; literatürde yer alan çalışmalarda kripto paralar ve enerji piyasaları değişkenlerinin doğrusal olmayan formda olabileceği bilgilere istinaden 2017M1-2022M1 dönemlerindeki verileri ele alarak serilere birim kök tespiti için Luukkonen vd. (1988), Harvey vd. (2008) doğrusallık testi ve Kapetanios vd. (2003) doğrusal olmayan birim kök testlerini, çıkan analiz sonuçlarına göre eşbütünleşme ilişkisinin tespiti için Kapetanios vd. (2006) Doğrusal Olmayan Eşbütünleşme testini ve son olarak var olan ilişkinin yönünü belirlemek üzere Granger Nedensellik Testi' ni

uygulamışlardır. Yapılan analizlerden elde edilen bulgulara göre sonuçlarında Bitcoin ve karbon emisyonu arasındaki ilişkinin uzun dönemde doğrusal olmayan bir ilişki olduğu yani doğrusal olmayan bir şekilde dengeye yakınsadığı, bununla birlikte Granger testi tarafında nedensellik yönünün Bitcoin' den karbon emisyonuna doğru tek yönlü olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Kavas (2023), kripto varlıklarının çevreye olan etkisini incelendiği çalışmasında, kripto varlıkların enerji tüketimi ve CO2 emisyonunun artmasında etkili olduğunu ve hatta kullanılan fikirbirliği mekanizmasına bağlı olarak ileride bu varlıkların kullanımının artması durumunda küresel ısınmanın şiddetlenebileceğinden dolayısıyla kıtlık, sel ve tayfun gibi dünya nüfusunu etkileyecek ciddi problemlerin nedeni olabileceğinden bahsetmiştir.

Ampel (2023) çalışmasında işlem doğrulama ve ağın güvenliği için fikir birliği mekanizmasına dayanan kripto paralarda, var olan mekanizmanın kripto para fiyat ve işlem hacmine nasıl bir etkide bulunduğunu araştırmıştır. Araştırma konusunu 15 Eylül 2022 yılında İş Kanıtı (PoW) mekanizmasından Hisse Kanıtı (PoS) mekanizmasına geçen Ethereum kripto parası üzerinden ele alan Ampel, analizleri sonucu Ethereum'un mekanizma değişiminin fiyat üzerinde olumlu bir etkisinin olduğunu, işlem hacimleri üzerinde ise anlamlı olmayan olumsuz bir etki olduğunu tespit etmiştir. Çalışmada İş Kanıtı'ndan Hisse Kanıtı'na geçişin hem çevresel anlamda hem de yatırım fırsatlarının artması anlamında olumlu etkilerinin olmasından kaynaklı umut verici olduğu belirtilmiştir.

Xiao vd., (2023) Ocak 2017-Haziran döneminde 2021 Çin'deki Bitcoin madenciliğinden kaynaklanan karbon emisyonlarının boyutunu ölçmeyi ve öngörmeyi amaçladıkları çalışmalarında, söz konusu dönemde Çin'in 77,84 milyon ton karbondioksit emisyonuna yol açtığını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte Bitcoin madenciliğinin enerji tüketiminin tek bir güç yapısına bağlı olmadığına değinilmiştir. Çalışmada madencilik havuzu hesaplama kapasitesinin geçici geçişi, Çin'de bölgesel elektrik talebinde şokları tetikleyebileceği belirtilmiştir. Çalışmanın sonunda yazarlar Bitcoin madenciliği faaliyetlerini düzenlemek için gerekli politika düzenlemelerini desteklediklerini belirtmişler ve mevcut bulgulara dayanarak dijital para birimlerinin ihracından kaynaklanan karbon emisyonlarını uygun bir düzeyde tutmak adına çevre dostu teknolojik girişimlerin sürdürülebilir kalkınmadaki önemini vurgulamışlardır.

Koçak ve Uçan' ın (2023) çalışmasında kripto para ticareti ve çevre kirliliği değişkenleri arasındaki ilişkiyi araştırmak üzere Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık ülkeleri, Seyşeller, Japonya ve Güney Kore' nin 2013-2021 arası dönemde yer alan verileri ele alınmış ve panel veri analizi ile test edilmiştir. Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve kripto para ticareti değişkenleri ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi araştırmak için çevre kirliliğini temsilen CO₂ verileri ele alınmıştır. FGLS testi kullanılan inceleme sonucunda, araştırmaya dahil edilen ülkelerde kripto para işlemleri ve enerji tüketiminin CO₂'yi arttırıcı etkiye sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Zheng vd., (2023) çalışmalarında kripto para birimi işlemleri ile elektrik tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda çalışmada 31 Temmuz 2015 – 12 Temmuz 2019 dönemi 13 kripto para biriminden alınan veriler ele alınmış ve durağanlık analizi için yapısal kırılmalı panel birim kök testi tercih edilmiştir. Değişkenler arasındaki kısa ve uzun vadeli dinamikleri araştırmak için ise panel vektör hata düzeltme modeli (VECM) kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda günlük şoklara maruz kalan kripto para işlemleri ve elektrik tüketimi serisinin yavaş yavaş ortalama yakınsamaya geri döndüğü gözlemlenmiştir. Fiyatların hashrate'lerle birlikte eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada işlem dalgalanmalarının elektrik tüketimi üzerinde hem geçici hem de kalıcı etki yaptığı tespit edilmiş ve dolayısıyla yüksek kârın bulunduğu her yere dağıtılan hesaplama gücü sayesinde işlemlerin elektrik tüketiminin önemli belirleyicileri olduğu sonucuna varılmıştır.

Su vd., (2023) Kripto varlık piyasasının karbon emisyonu üzerindeki temel etkisinin araştırılmasının, ABD'nin karbon nötrlüğünü gerçekleştirmesi açısından önemini vurguladığı çalışmalarında kripto para politikası belirsizliği ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemek üzere düşük frekanslı vektör otomatik regresyon (LF-VAR) ve karma frekanslı VAR (MF-VAR) modellerini kullanmışlardır. Çalışmada MF-VAR modelinin LFVAR modelinden daha yüksek bir açıklama gücüne sahip olduğuna değinilmiş ve birincisinin tepkisinin, karbon emisyonu üzerinde olumsuz bir kriptopara politikası belirsizliği etkisine işaret ettiği dolayısıyla bu nedenle kripto para politikası belirsizliğinin ABD'nin karbon nötrlüğü hedefini gerçekleştirmesine yardımcı olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte kripto para politikası belirsizliğinin

karbon emisyonu üzerinde aracılık etkisinin olduğu da ifade edilmiştir. Çalışmada ayrıca karbon emisyonunun kriptopara politikası belirsizliğini olumlu yönde etkilediğinden ve kitlesel karbon emisyonlarının, kripto para birimi işlemleri ve madenciliğin neden olduğu çevresel zararlarla ilgili kamusal ve ulusal endişeleri artıracığından bahsedilmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde Erdoğan vd., (2022), Felek vd., (2023) ve Kavas (2023) çalışmaları kripto varlıkların çevresel etkilerini araştırarak karbon emisyonuna doğru nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Kullanılan uzlaşma protokollünün önemi anlamında Kavas (2023), Zhang ve Chan (2020), Roeck ve Drennen (2022), Ampel (2023) ve Xiao vd., (2023) çalışmalarında yer alan vurgular da benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte Schinckus vd., (2020), Koçak ve Uçan' ın (2023) ve Zheng vd., (2023) enerji tüketimi ve CO2 emisyonu ilişkisini kripto varlık işlemleri üzerinden inceleyen çalışmalar olup bu çalışmalarda kripto varlık işlemlerinin çevresel etki yarattığını destekleyen sonuçlar elde edilmiştir.

4.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Son yıllarda özellikle 2008 Küresel Finansal Kriz sonrası merkezi otoritelere, merkezi finansal kuruluşlara ve diğer aracı kurumlara eleştiriler olmuş ve merkezi olmayan varlıklar olarak nitelendirilen kripto varlık yatırımlarına ilgi artmıştır. Covid-19 pandemisiyle gündeme daha çok gelmeye başlayan kripto varlık yatırımları ve alt yapısını oluşturan blokzincir teknolojisi de zaman içerisinde gelişim göstermiş ve farklı alanlarda blokzincir teknolojisinden faydalanmak üzere çalışmalar yapılmıştır. Bitcoin ile duyulmaya başlayan blokzincir teknolojisinin alt yapı olarak zaman içerisinde farklı özelliklerdeki kripto varlıklarda da kullanılarak yaygınlaşmıştır. Kripto varlıkların kullanımının yaygınlaşmasıyla artan elektrik tüketimi tartışmalara neden olmuş ve bu anlamda bu yoğun enerji tüketimi sorununa çözüm bulmak amacıyla girişimlerde bulunulmuştur. Bu girişimlerden biri olan ve Ethereum ağının Hisse Kanıtı protokolüne geçişini ifade eden “merge” (birleşme), kripto varlıklarda yoğun enerji tüketimi sorununa çözüm üretme konusunda önemli bir örnek niteliğindedir. Bu doğrultuda “Merkeziyetsiz Finans Uygulamaları ve Merge Sonrası Kripto Varlıkların Elektrik Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu, Fiyat İlişkisi: Seçilmiş Coin ve Tokenler Üzerine Bir Uygulama” adlı tez çalışmasında Bitcoin'in tanıtılmasıyla, bir başka deyişle blokzincir teknolojisinin kullanımının

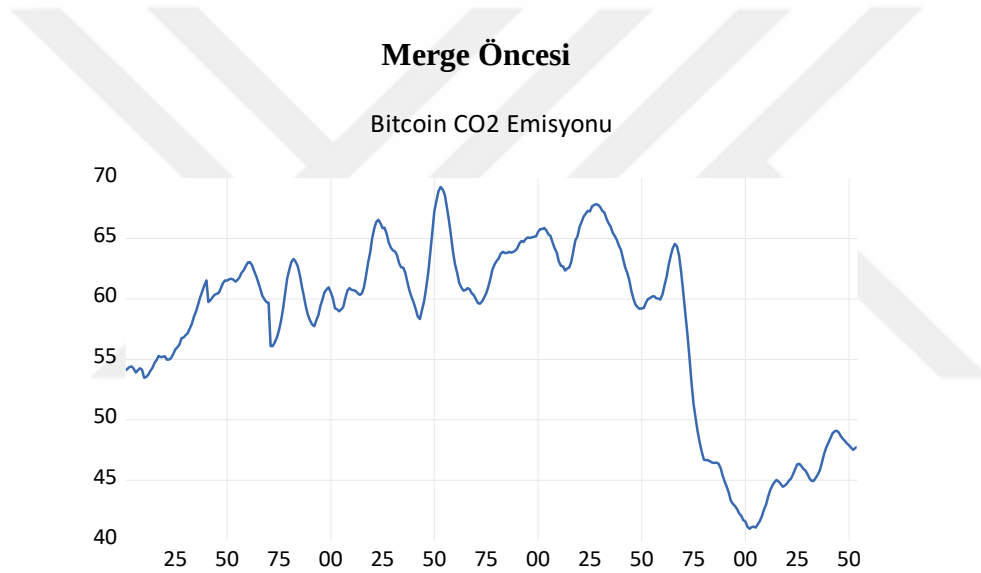
yaygınlaşmasıyla, gelişen bir alan olan Merkeziyetsiz Finans sisteminin uygulamalarından ve getirdiği yeniliklerden bahsedilecek, bu uygulamaların kullanımının yoğun enerji tüketimi gerekmeden mümkün olup olmadığı konusunda merge etkinliği üzerinden araştırma yapılarak; çevre dostu bir protokolün kullanımının piyasa ve çevresel açıdan etkileri incelenerek konuya açıklık getirmek amaçlanmıştır. Gelişen bu yeni sisteme ilginin artmasıyla önemiyet arz eden yoğun enerji tüketiminin çevre ve finans alanında önemli bir etkileyici rolü olduğu öngörüldüğünden, bu çalışmada yapılan araştırmadan elde edilen sonuçların merkeziyetsiz finans alanında gerçekleştirilecek yatırımlar ve aynı zamanda literatüre katkı sağlayarak bundan sonraki çalışmalara yol gösterici nitelikte olması nedeniyle önem taşımaktadır.

4.3. Araştırmanın Kısıtları

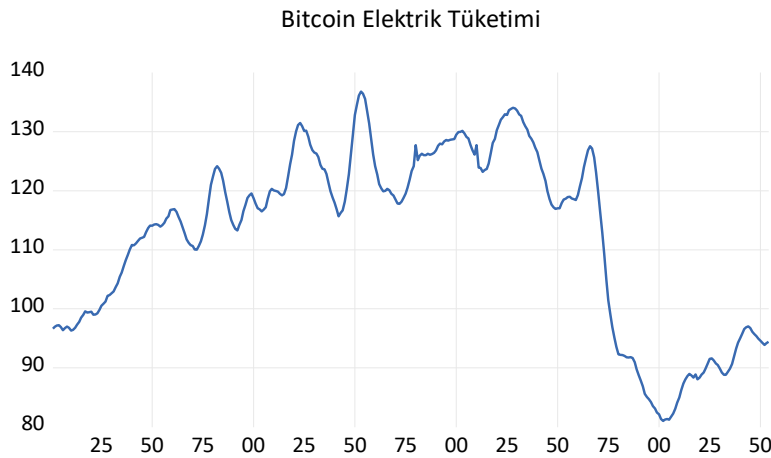
Bu çalışmada kripto varlıkların çevre ve piyasa açısından etkilerini incelemek üzere analize Bitcoin, Ethereum, Shiba Inu ve Chainlink kripto varlıkları dahil edilmiş olup, çalışmanın kapsamı bu seçili coin ve tokenler ile sınırlandırılmıştır. Bu doğrultuda fiyat, enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu değişkenleri arasındaki ilişkinin coin ve token bağlamında farklılık gösterip göstermediği de incelenecektir. Araştırmaya dahil edilen coin ve tokenler 14 Eylül 2023 tarihindeki yüksek işlem hacim sıralamasına göre seçilmiş olmakla birlikte sıralamada yer alan kripto varlıkların tümüne ait CO₂ emisyonu ve elektrik tüketimi verileri bulunamadığından yine baz alınan sıralamaya göre verisine ulaşılabilen kripto varlıklar tercih edilmiştir. Buna ek olarak Bitcoin ve Ethereum'un yerel kripto varlıklar olması -başka bir deyişle kendi blokzincirleri üzerinde çalışmaları ve ağı temel varlık birimi olmaları- farklı uzlaşma protokollerinin kullanımının karşılaştırılması açısından etkili olacağı düşünülmektedir. Ayrıca kendine ait blokzinciri olmayıp yerel kripto varlıkların blokzinciri üzerinde çalışan varlıklar olan Shiba Inu ve Chainlink tokenlerinin tercih edilme nedeni ise Ethereum ağı tarafından desteklenmeleri ve bu anlamda uzlaşma protokolü değişikliğinin tokenler üzerindeki etkisinin incelenmesi açısından anlamlı olduklarının düşünülmesidir.

4.4. Veri Seti

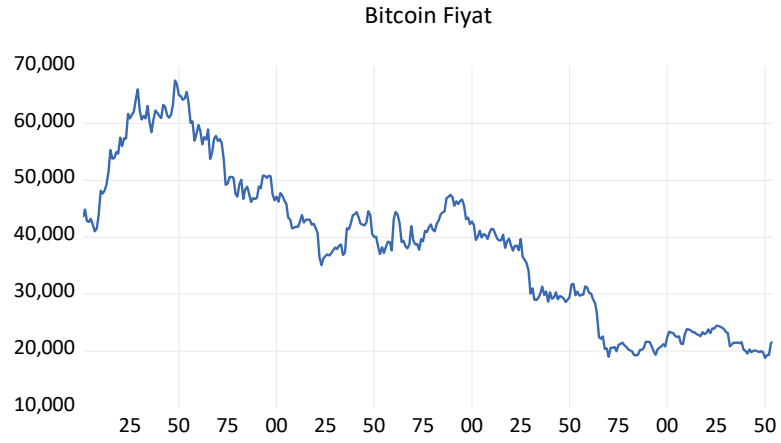
Bu çalışmada Merge sonrası kripto varlıkların elektrik tüketimi, CO₂ emisyonu ve fiyat ilişkisini incelemek amacıyla yüksek işlem hacimlerine göre Bitcoin, Ethereum, Shiba Inu ve Chainlink'in 22 Eylül 2021-10 Eylül 2022 (merge öncesi) ve 22 Eylül 2022-9 Eylül 2023 (merge sonrası) dönemleri olmak üzere değişkenlere ait seriler ayrı ayrı ele alınmıştır. Bununla birlikte söz konusu coin ve tokenler için; elektrik tüketimi ve CO₂ emisyonu verileri Crypto Carbon Ratings Institute (CCRI) ve fiyat verileri ise investing.com adreslerinden alınmış olup serilere ait veriler araştırmaya günlük olarak dahil edilmiştir.



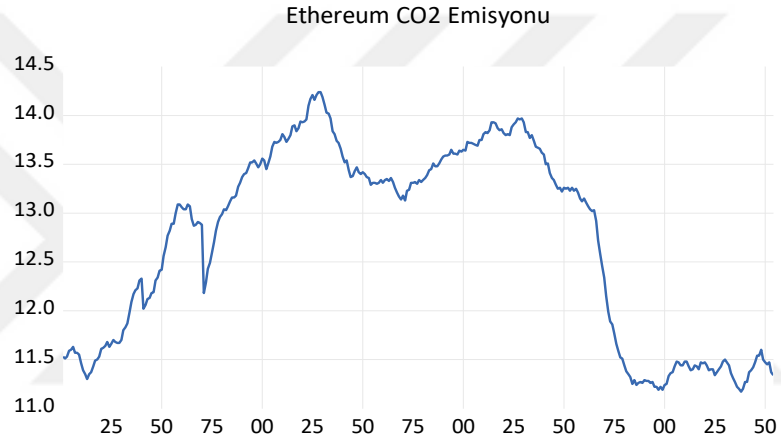
Şekil 4.1. Bitcoin CO₂ Emisyonu Grafiği



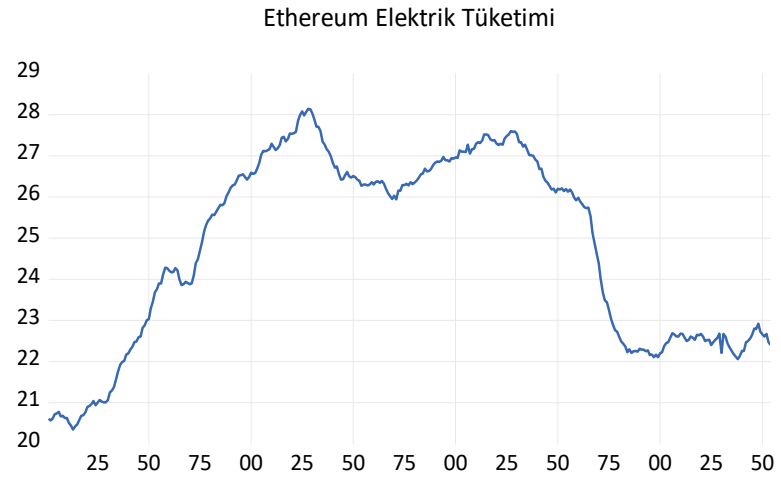
Şekil 4.2. Bitcoin Elektrik Tüketimi Grafiği



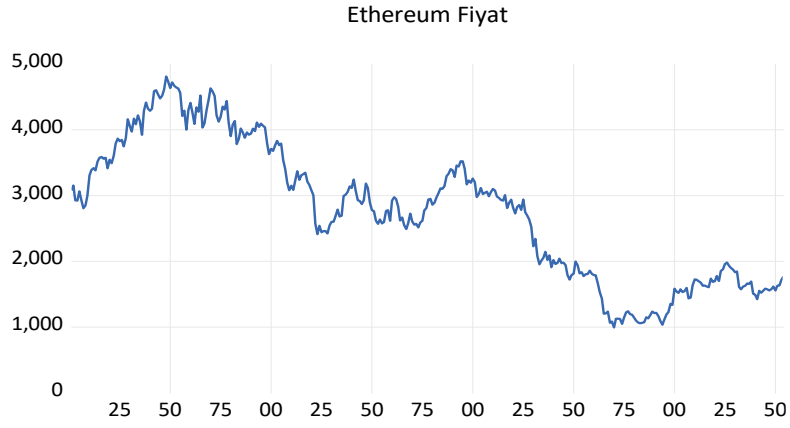
Şekil 4.3. Bitcoin Fiyat Grafiği



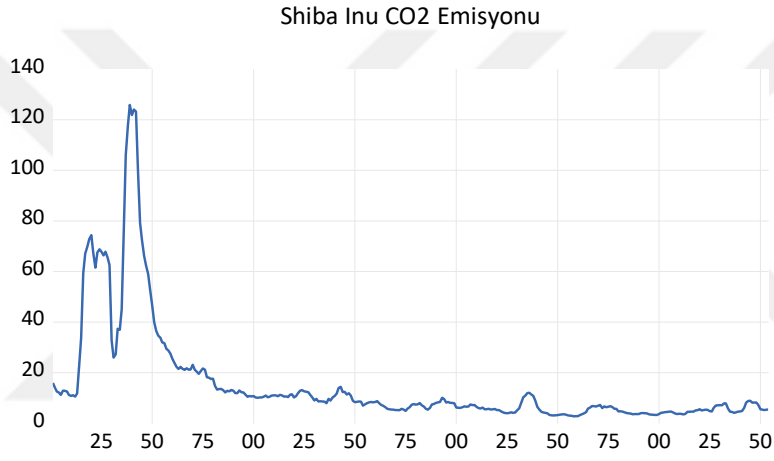
Şekil 4.4. Ethereum CO₂ Emisyonu Grafiği



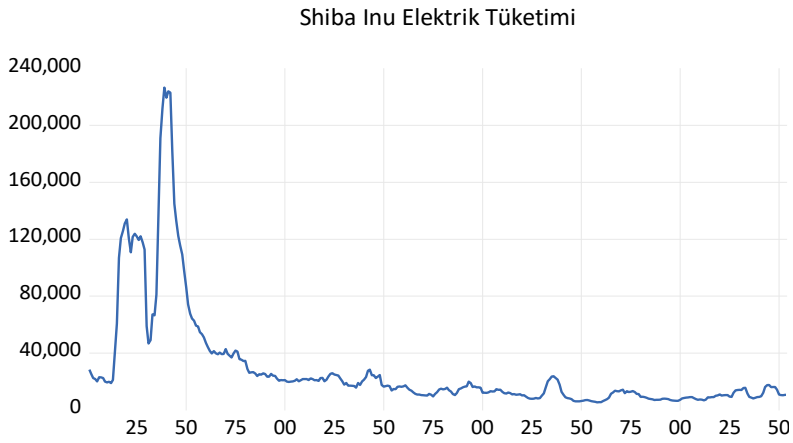
Şekil 4.5. Ethereum Elektrik Tüketimi Grafiği



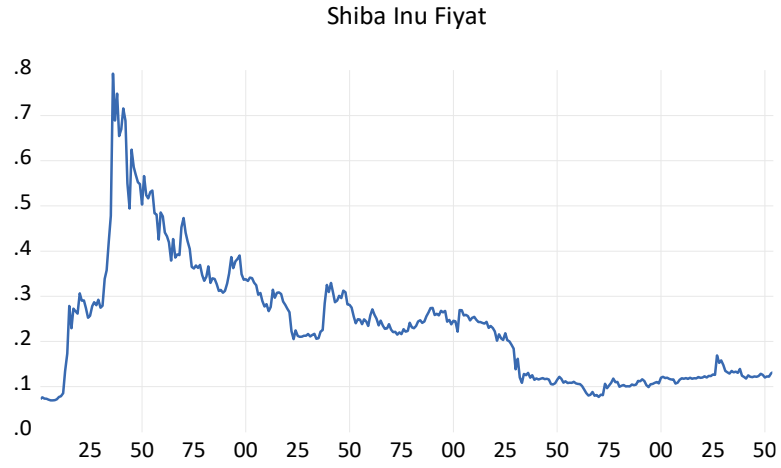
Şekil 4.6. Ethereum Fiyat Grafiği



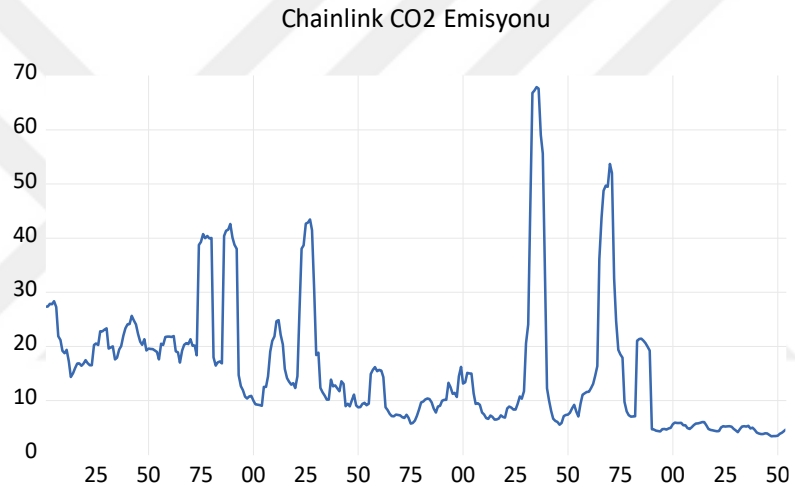
Şekil 4.7. Shiba Inu CO₂ Emisyonu Grafiği



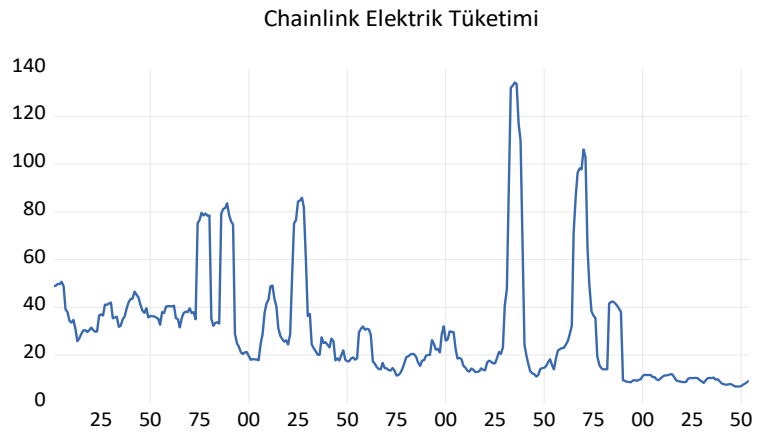
Şekil 4.8. Shiba Inu Elektrik Tüketimi Grafiği



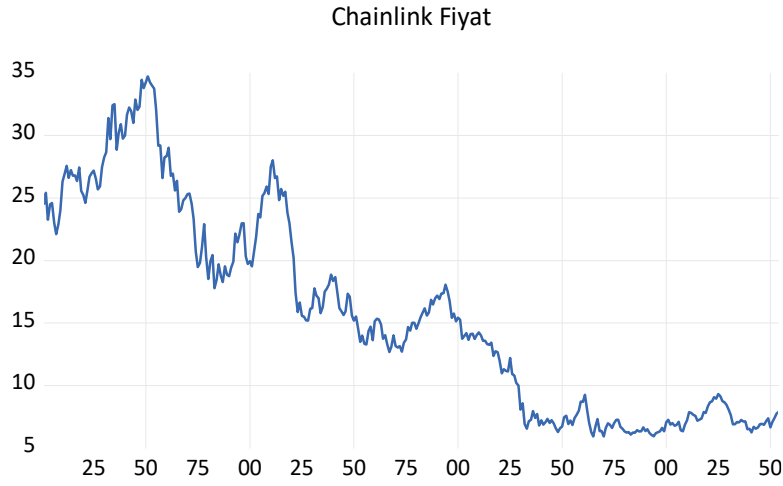
Şekil 4.9. Shiba Inu Fiyat Grafiği



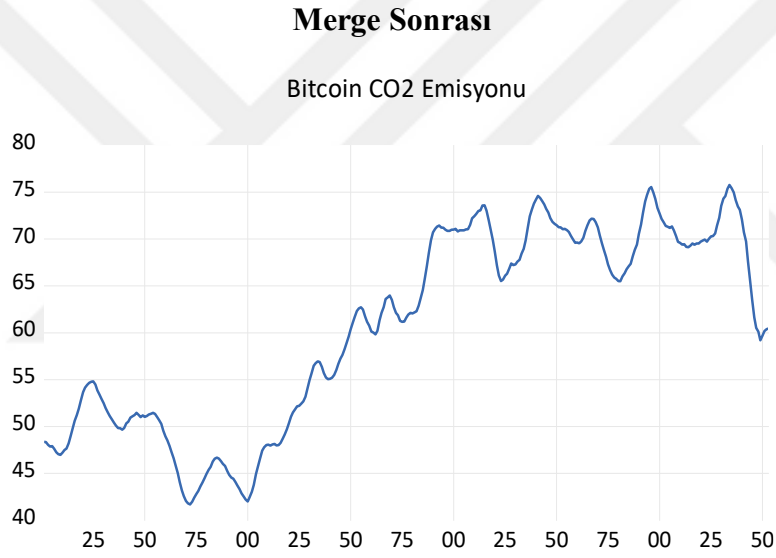
Şekil 4.10. Chainlink CO₂ Emisyonu Grafiği



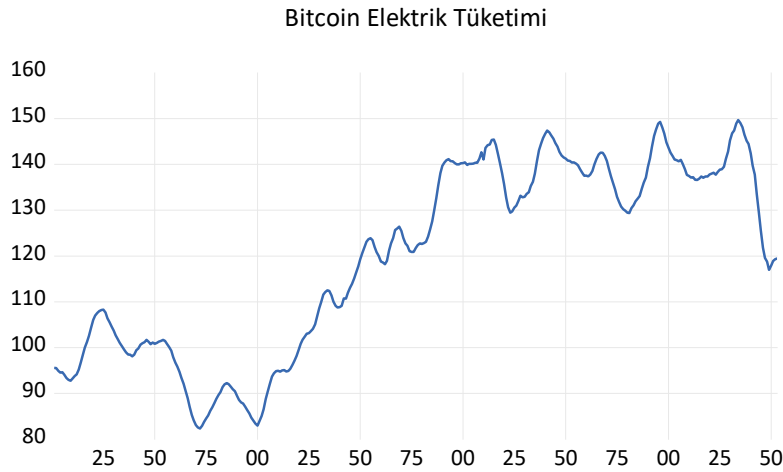
Şekil 4.11. Chainlink Elektrik Tüketimi Grafiği



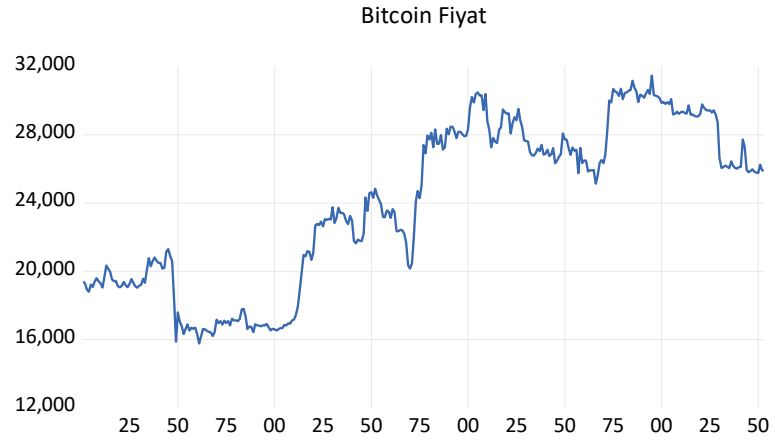
Şekil 4.12. Chainlink Fiyat Grafiği



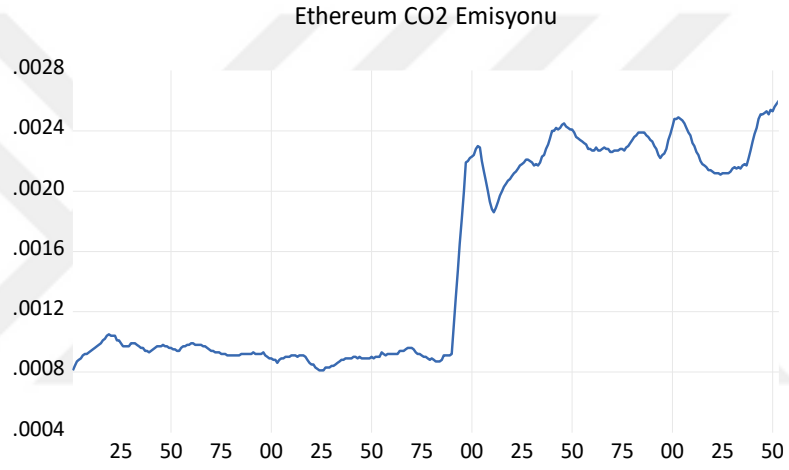
Şekil 4.13. Bitcoin CO₂ Emisyonu Grafiği



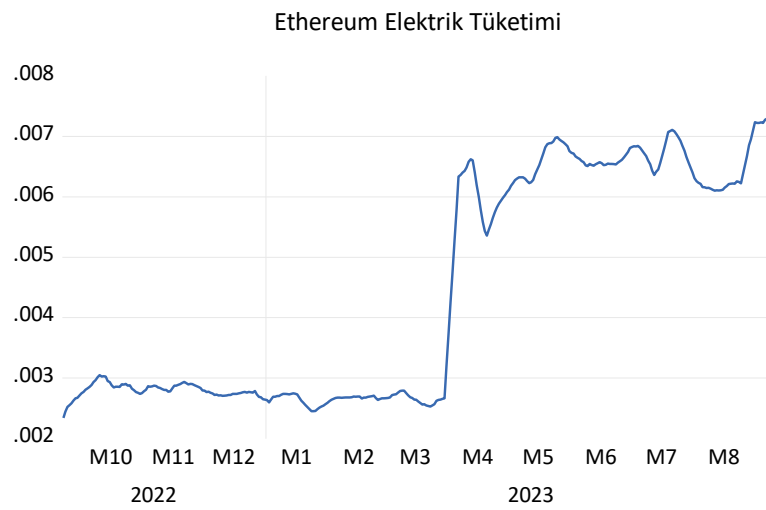
Şekil 4.14. Bitcoin Elektrik Tüketimi Grafiği



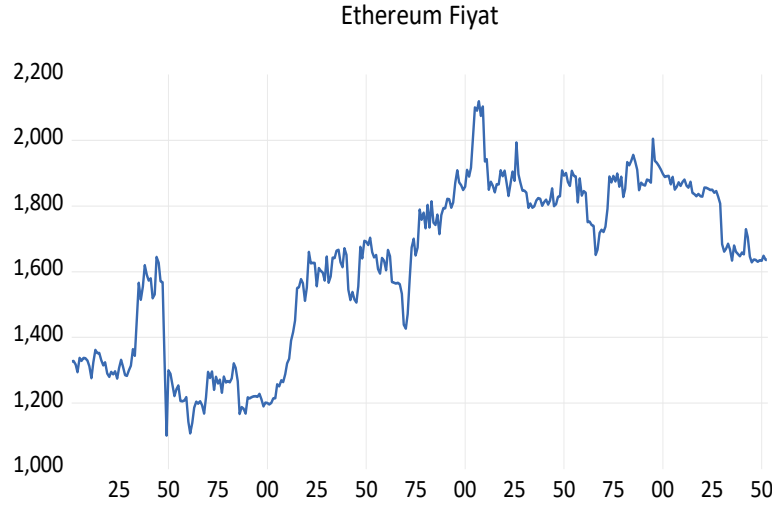
Şekil 4.15. Bitcoin Fiyat Grafiği



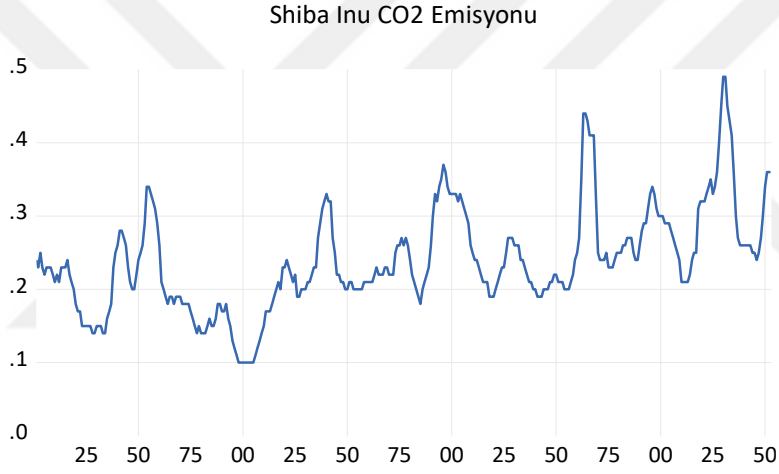
Şekil 4.16. Ethereum CO₂ Emisyonu Grafiği



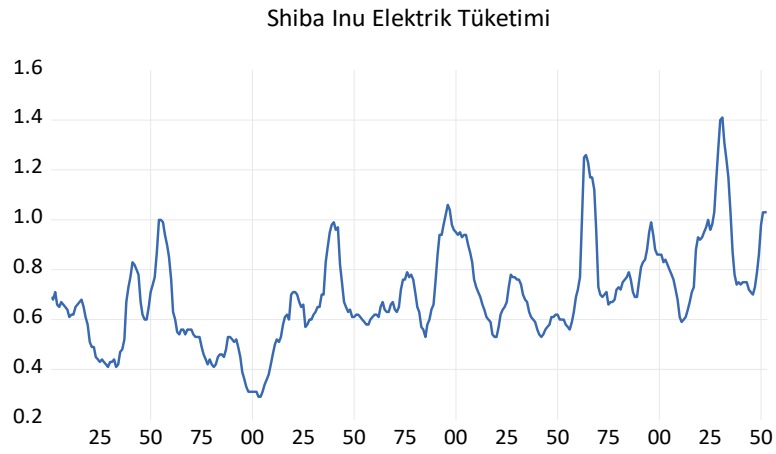
Şekil 4.17. Ethereum Elektrik Tüketimi Grafiği



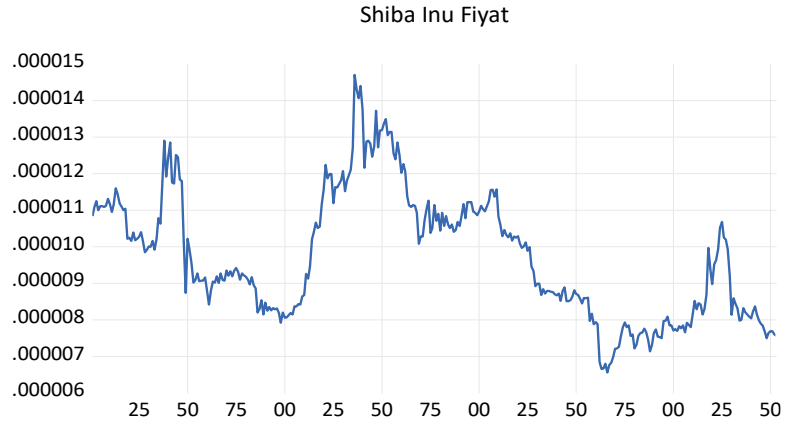
Şekil 4.18. Ethereum Fiyat Grafiği



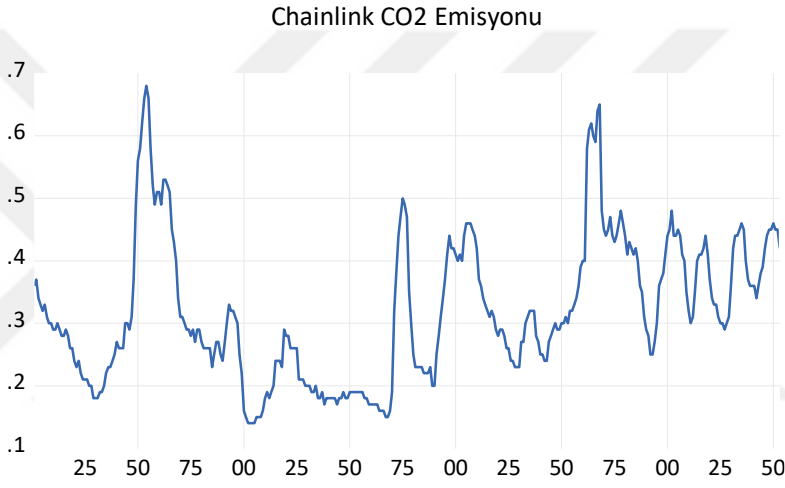
Şekil 4.19. Shiba Inu CO₂ Emisyonu Grafiği



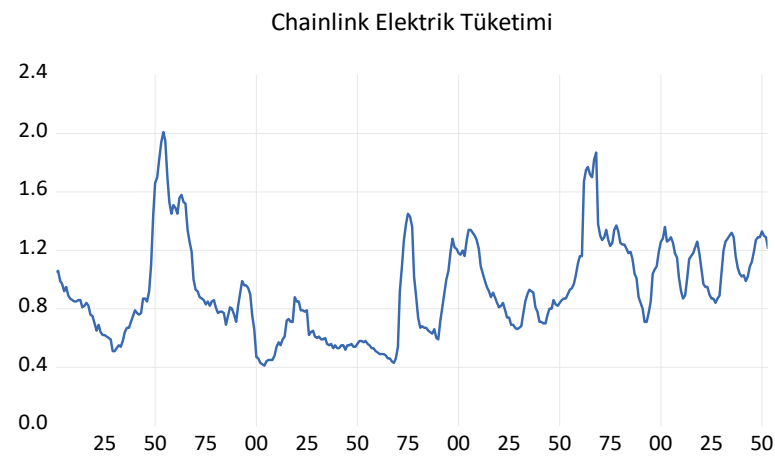
Şekil 4.20. Shiba Inu Elektrik Tüketimi Grafiği



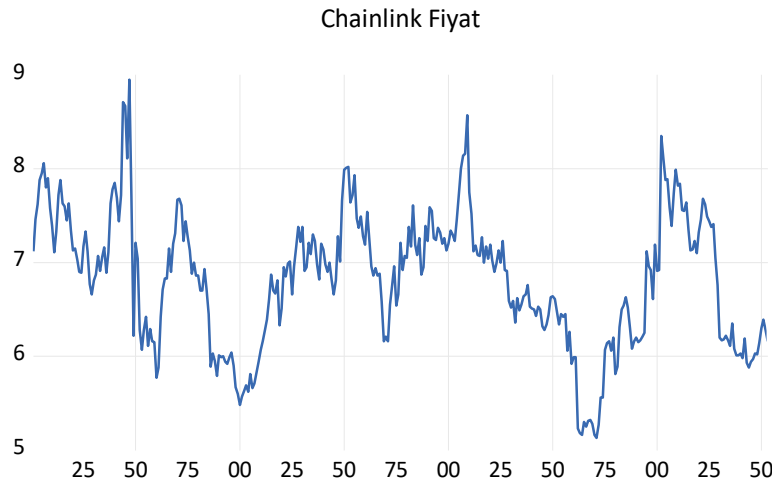
Şekil 4.21. Shiba Inu Fiyat Grafiği



Şekil 4.22. Chainlink CO₂ Emisyonu Grafiği



Şekil 4.23. Chainlink Elektrik Tüketimi Grafiği



Şekil 4.24. Chainlink Fiyat Grafiği

4.5. Tanımlayıcı İstatistikler

Tablo 4.1’de Bitcoin, Ethereum, Shiba Inu ve Chainlink için elektrik tüketimi, karbon emisyonu ve fiyat serilerine ait merge öncesi ve sonrası ayrı olmak üzere ele alınan seriler üzerinden elde edilen tanımlayıcı istatistik verileri gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Tanımlayıcı istatistikler

	Maksimum	Minimum	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık	Jarque-Bera	Olasılık
Bitcoin CO₂ Emisyonu (MÖ)	69.260	40.990	7.468	-0.815	2.451	43.671	0.000
Bitcoin Elektrik Tüketimi (MÖ)	136.830	80.980	15.146	-0.498	1.980	29.982	0.000
Bitcoin Fiyat (MÖ)	67527.90	18786.40	13299.81	0.161	2.081	13.988	0.000
Ethereum CO₂ Emisyonu (MÖ)	14.240	11.170	0.986	-0.312	1.498	39.000	0.000
Ethereum Elektrik Tüketimi (MÖ)	28.140	20.350	2.304	-0.322	1.608	34.681	0.000
Ethereum Fiyat (MÖ)	4808.380	995.610	1037.518	0.049	1.914	17.533	0.000
Shiba Inu CO₂ Emisyonu (MÖ)	125.836	2.739	21.158	3.156	13.529	2223.375	0.000
Shiba Inu Elektrik Tüketimi (MÖ)	226592.0	5412.000	38023.80	3.134	13.417	2180.489	0.000
Shiba Inu Fiyat (MÖ)	0.792	0.069	0.135	1.262	4.908	147.786	0.000
Chainlink CO₂ Emisyonu (MÖ)	67.916	3.415	12.193	1.842	6.810	414.407	0.000
Chainlink Elektrik Tüketimi (MÖ)	134.182	6.747	23.782	1.971	7.347	508.133	0.000
Chainlink Fiyat (MÖ)	34.720	5.920	8.221	0.499	2.079	27.199	0.000
Bitcoin CO₂ Emisyonu (MS)	75.760	41.680	10.438	-0.256	1.582	33.446	0.000

Tablo 4.1. (Devam) Tanımlayıcı istatistikler

	Maksimum	Minimum	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık	Jarque-Bera	Olasılık
Bitcoin Elektrik Tüketimi (MS)	149.670	82.350	20.616	-0.257	1.582	33.441	0.000
Bitcoin Fiyat (MS)	31466.10	15776.20	4774.27	-0.251	1.640	30.908	0.000
Ethereum CO₂ Emisyonu (MS)	0.002	0.000	0.000	0.243	1.159	53.282	0.000
Ethereum Elektrik Tüketimi (MS)	0.007	0.002	0.001	0.243	1.156	53.475	0.000
Ethereum Fiyat (MS)	2119.290	1100.840	254.18	-0.382	1.858	27.764	0.000
Shiba Inu CO₂ Emisyonu (MS)	0.490	0.100	0.069	0.762	4.042	50.224	0.000
Shiba Inu Elektrik Tüketimi (MS)	1.410	0.290	0.197	0.747	3.954	46.314	0.000
Shiba Inu Fiyat (MS)	0.000	0.000	1.711	0.432	2.444	15.553	0.000
Chainlink CO₂ Emisyonu (MS)	0.680	0.140	0.114	0.698	3.102	28.881	0.000
Chainlink Elektrik Tüketimi (MS)	2.010	0.410	0.326	0.754	3.253	34.468	0.000
Chainlink Fiyat (MS)	8.950	5.130	0.705	-0.071	2.752	1.206	0.546

Tablo 4.1’te yer alan tanımlayıcı istatistik sonuçları merge öncesi için Bitcoin ve Ethereum fiyat verilerinde; Shiba Inu ve Chainlink tarafında CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi, fiyat verilerinde sağa çarpık dağılım olduğunu göstermektedir. Bitcoin ve Ethereum tarafında CO₂ emisyonu ve elektrik tüketimi verileri ise sola çarpık dağılım göstermektedir.

Merge sonrası için ise Ethereum ve Chainlink kripto varlıklarının CO₂ emisyonu ve elektrik tüketimi verileri; Shiba Inu tarafında CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi, fiyat verileri sağa çarpık dağılım göstermektedir. Bitcoin’in CO₂ emisyonu, elektrik

tüketimi, fiyat verileri; Ethereum ve Chainlink için ise fiyat verileri sola çarpık dağılım olduğunu göstermektedir.

Tablodaki basıklık sonuçları incelendiğinde Bitcoin ve Ethereum için merge öncesi ve sonrası tüm değişkenlere ait verilerde, Chainlink merge öncesi ve sonrası fiyat verilerinde ve Shiba Inu merge sonrası fiyat verilerinde normal dağılıma göre basık değerler gözlemlenirken; merge öncesi Shiba Inu'ya ait değişkenlere ait verilerde, Chainlink merge öncesi ve sonrası CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi verilerinde ve Shiba Inu merge sonrası CO₂ emisyonu ve elektrik tüketimi verilerinde ise normal dağılıma göre sivri bir dağılım olduğu gözlemlenmiştir.

4.6. Araştırmanın Modeli

Kripto varlık piyasasındaki fiyat değerleri; enerji tüketimi ve dolayısıyla karbon emisyonu değerleri ile ilişkilendirilebilmektedir. Kripto varlıkların yoğun elektrik tüketimini etkilemesine sebep olan önemli bir faktör olarak, kullanılan uzlaşma protokolleri görülmektedir. Özellikle mevcut durumda Bitcoin blokzincirinde kullanılan İş birliği protokolünün, madencilik (mining) uygulamasından dolayı yoğun enerji tüketimine sebep olduğu, dolayısıyla da CO₂ emisyonu tarafında da etkili olduğu bilinmektedir. Kripto varlıklar ile çevresel etkileri açısından literatürde yer alan önceki çalışmalar ele alındığında, sürekli gelişme halinde olan bu alanda yapılan ekonometrik çalışmaların çok fazla olmadığı ve yoğun elektrik tüketimi içerikli olan çalışmalarda uzlaşma protokolleri hususuna çok fazla değinilmediği ve incelemelerin yoğun olarak Bitcoin ve Ethereum üzerinden yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmada kripto varlıklarda elektrik tüketimi ve CO₂ emisyonu ile fiyat ilişkisi Bitcoin, Ethereum ve önceki çalışmalardan farklı olarak Shiba Inu ve Chainlink tokenlerinin üzerinden ele alınmaktadır. İncelemeye dahil edilen kripto varlıklar yüksek işlem hacmine göre en yüksek değere sahip olanlardan seçilmiş olmakla birlikte; sıralamadaki tüm varlıklara ait CO₂ emisyonu ve elektrik tüketimi verileri bulunmadığından yüksek işlem hacmi sıralamasına göre verisi elde edilebilen varlıklar tercih edilmiştir. Bu doğrultuda değişkenler arasındaki ilişkinin token tarafında farklılık gösterip göstermediği incelenecektir. Bu çalışmaya ait araştırmanın regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

$$BTCF(M\ddot{O}) = \alpha + \beta_1 BTCCO_2(M\ddot{O}) + \beta_2 BTCE(M\ddot{O}) + \varepsilon \quad (4.1)$$

$$ETHF(M\ddot{O}) = \alpha + \beta_1 ETHCO_2(M\ddot{O}) + \beta_2 ETHE(M\ddot{O}) + \varepsilon \quad (4.2)$$

$$SHIBF(M\ddot{O}) = \alpha + \beta_1 SHIBCO_2(M\ddot{O}) + \beta_2 SHIBE(M\ddot{O}) + \varepsilon \quad (4.3)$$

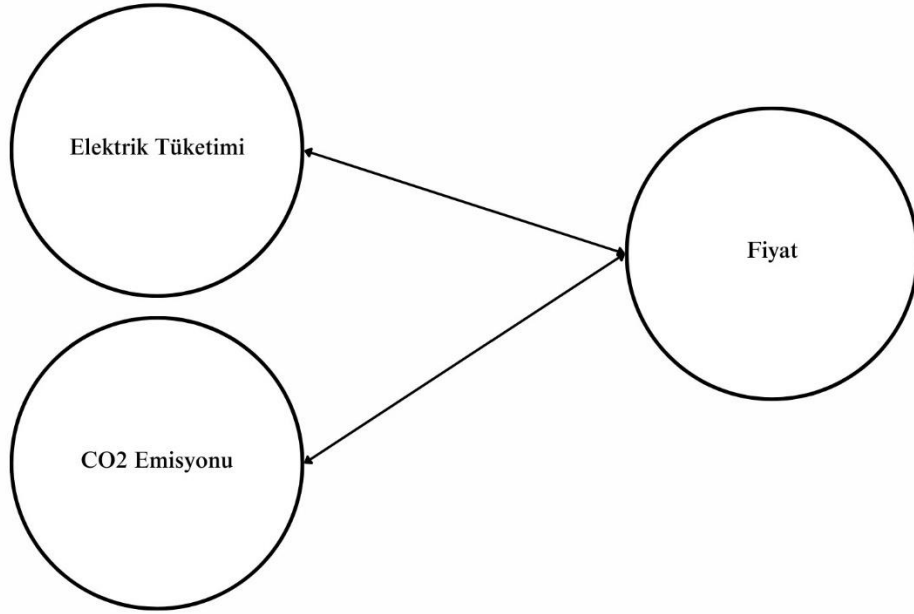
$$LINKF(M\ddot{O}) = \alpha + \beta_1 LINKCO_2(M\ddot{O}) + \beta_2 LINKE(M\ddot{O}) + \varepsilon \quad (4.4)$$

$$BTCF(MS) = \alpha + \beta_1 BTCCO_2(MS) + \beta_2 BTCE(MS) + \varepsilon \quad (4.5)$$

$$ETHF(MS) = \alpha + \beta_1 ETHCO_2(MS) + \beta_2 ETHE(MS) + \varepsilon \quad (4.6)$$

$$SHIBF(MS) = \alpha + \beta_1 SHIBCO_2(MS) + \beta_2 SHIBE(MS) + \varepsilon \quad (4.7)$$

$$LINKF(MS) = \alpha + \beta_1 LINKCO_2(MS) + \beta_2 LINKE(MS) + \varepsilon \quad (4.8)$$



Şekil 4.25. Araştırma Modeli

Çalışmada kripto varlıkların çevresel etkileri bağlamında kullanılan protokolün etkisinin önemine açıklık getirebilmek adına Ethereum ağının The Merge yani birleşme uygulaması ile Hisse Kanıtı protokolüne geçişinden önceki ve sonraki dönemler ayrı ayrı ele alınacaktır. Bu nedenle kullanılan veri seti merge öncesi ve sonrası olarak ayrı ayrı incelenmiş olup; merge öncesi 354 ve merge sonrası 353 olmak üzere toplam 707 gözlemden oluşmaktadır.

4.7. Araştırmanın Hipotezleri

Bu bölümde kripto varlıklarda elektrik tüketimi, CO₂ emisyonu ile fiyat ilişkisinin ele alındığı bu çalışmanın eşbütünleşme ve nedensellik testlerine bağlı olarak kurulan hipotezlerine yer verilmiştir. Hipotezler aşağıda gösterildiği gibidir.

H₁: Bitcoin için merge öncesi CO₂ emisyonundan fiyata doğru nedensellik vardır.

H₂: Bitcoin için merge öncesi fiyattan CO₂ emisyonuna doğru nedensellik vardır.

H₃: Bitcoin için merge öncesi elektrik tüketiminden fiyata doğru nedensellik vardır.

H₄: Bitcoin için merge öncesi fiyattan elektrik tüketimine doğru nedensellik vardır.

H₅: Bitcoin için merge sonrası CO₂ emisyonundan fiyata doğru nedensellik vardır.

H₆: Bitcoin için merge sonrası fiyattan CO₂ emisyonuna doğru nedensellik vardır.

H₇: Bitcoin için merge sonrası elektrik tüketiminden fiyata doğru nedensellik vardır.

H₈: Bitcoin için merge sonrası fiyattan elektrik tüketimine doğru nedensellik vardır.

H₉: Ethereum için merge öncesi CO₂ emisyonundan fiyata doğru nedensellik vardır.

H₁₀: Ethereum için merge öncesi fiyattan CO₂ emisyonuna doğru nedensellik vardır.

H₁₁: Ethereum için merge öncesi elektrik tüketiminden fiyata doğru nedensellik vardır.

H₁₂: Ethereum için merge öncesi fiyattan elektrik tüketimine doğru nedensellik vardır.

H₁₃: Ethereum için merge sonrası CO₂ emisyonundan fiyata doğru nedensellik vardır.

H₁₄: Ethereum için merge sonrası fiyattan CO₂ emisyonuna doğru nedensellik vardır.

H₁₅: Ethereum için merge sonrası elektrik tüketiminden fiyata doğru nedensellik vardır.

H₁₆: Ethereum için merge sonrası fiyattan elektrik tüketimine doğru nedensellik vardır.

H₁₇: Shiba Inu için merge öncesi CO₂ emisyonundan fiyata doğru nedensellik vardır.

H₁₈: Shiba Inu için merge öncesi fiyattan CO₂ emisyonuna doğru nedensellik vardır.

H₁₉: Shiba Inu için merge öncesi elektrik tüketiminden fiyata doğru nedensellik vardır.

H₂₀: Shiba Inu için merge öncesi fiyattan elektrik tüketimine doğru nedensellik vardır.

H₂₁: Shiba Inu için merge sonrası CO₂ emisyonundan fiyata doğru nedensellik vardır.

H₂₂: Shiba Inu için merge sonrası fiyattan CO₂ emisyonuna doğru nedensellik vardır.

H₂₃: Shiba Inu için merge sonrası elektrik tüketiminden fiyata doğru nedensellik vardır.

H₂₄: Shiba Inu için merge sonrası fiyattan elektrik tüketimine doğru nedensellik vardır.

H₂₅: Chainlink için merge öncesi CO₂ emisyonundan fiyata doğru nedensellik vardır.

H₂₆: Chainlink için merge öncesi fiyattan CO₂ emisyonuna doğru nedensellik vardır.

H₂₇: Chainlink için merge öncesi elektrik tüketiminden fiyata doğru nedensellik vardır.

H₂₈: Chainlink için merge öncesi fiyattan elektrik tüketimine doğru nedensellik vardır.

H₂₉: Chainlink için merge sonrası CO₂ emisyonundan fiyata doğru nedensellik vardır.

H₃₀: Chainlink için merge sonrası fiyattan CO₂ emisyonuna doğru nedensellik vardır.

H₃₁: Chainlink için merge sonrası elektrik tüketiminden fiyata doğru nedensellik vardır.

H₃₂: Chainlink için merge sonrası fiyattan elektrik tüketimine doğru nedensellik vardır.

H₃₃: Bitcoin için merge öncesi; bağımlı değişken CO₂ emisyonu, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₃₄: Bitcoin için merge öncesi; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken CO₂ emisyonu olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₃₅: Bitcoin için merge öncesi; bağımlı değişken elektrik tüketimi, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₃₆: Bitcoin için merge öncesi; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken elektrik tüketimi olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₃₇: Bitcoin için merge sonrası; bağımlı değişken CO₂ emisyonu, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₃₈: Bitcoin için merge sonrası; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken CO₂ emisyonu olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₃₉: Bitcoin için merge sonrası; bağımlı değişken elektrik tüketimi, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₀: Bitcoin için merge sonrası; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken elektrik tüketimi olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₁: Ethereum için merge öncesi; bağımlı değişken CO₂ emisyonu, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₂: Ethereum için merge öncesi; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken CO₂ emisyonu olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₃: Ethereum için merge öncesi; bağımlı değişken elektrik tüketimi, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₄: Ethereum için merge öncesi; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken elektrik tüketimi olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₅: Ethereum için merge sonrası; bağımlı değişken CO₂ emisyonu, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₆: Ethereum için merge sonrası; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken CO₂ emisyonu olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₇: Ethereum için merge sonrası; bağımlı değişken elektrik tüketimi, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₈: Ethereum için merge sonrası; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken elektrik tüketimi olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₄₉: Shiba Inu için merge öncesi; bağımlı değişken CO₂ emisyonu, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₀: Shiba Inu için merge öncesi; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken CO₂ emisyonu olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₁: Shiba Inu için merge öncesi; bağımlı değişken elektrik tüketimi, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₂: Shiba Inu için merge öncesi; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken elektrik tüketimi olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₃: Shiba Inu için merge sonrası; bağımlı değişken CO₂ emisyonu, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₄: Shiba Inu için merge sonrası; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken CO₂ emisyonu olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₅: Shiba Inu için merge sonrası; bağımlı değişken elektrik tüketimi, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₆: Shiba Inu için merge sonrası; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken elektrik tüketimi olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₇: Chainlink için merge öncesi; bağımlı değişken CO₂ emisyonu, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₈: Chainlink için merge öncesi; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken CO₂ emisyonu olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₅₉: Chainlink için merge öncesi; bağımlı değişken elektrik tüketimi, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₆₀: Chainlink için merge öncesi; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken elektrik tüketimi olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₆₁: Chainlink için merge sonrası; bağımlı değişken CO₂ emisyonu, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₆₂: Chainlink için merge sonrası; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken CO₂ emisyonu olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₆₃: Chainlink için merge sonrası; bağımlı değişken elektrik tüketimi, bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

H₆₄: Chainlink için merge sonrası; bağımlı değişken fiyat, bağımsız değişken elektrik tüketimi olarak ele alındığında değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır.

4.8. Araştırma Yöntemi

4.8.1. Fourier ADF (FADF) birim kök testi

Bir çalışmada araştırma konusu olan değişkenlerin verileri arasındaki nedensellik veya eşbütünleşme ilişkisi, serilerin durağan olup olmama durumlarına göre incelenir.

Bunun nedeni, durağanlığın mevcut bir zaman serisinin ortalama ve varyansının zaman bağılı değişmediğini ifade etmesi; durağanlığı bulunmayan zaman serileri kullanılarak yapılan çalışmalarda sahte regresyonlar ortaya çıkabilmesi ve bu sahte regresyonlarda parametre tahminlerinin ekonomik olarak bir anlam ifade etmemesidir. Sahte regresyon, değişkenlere ait zaman serilerinin gösterdiği trend ile ilgilidir. Değişkenler arasındaki ilişkide sahte regresyonun mevcut olmaması için serilerin güçlü bir trend taşınamaması gerekmektedir. Bu noktada mevcut regresyonun gerçek veya sahte olma durumu eldeki serilerin durağanlık durumuyla ilgilidir. Eğer bir zaman serisi incelendiğinde, serinin ortalaması ve varyansı sabit ise ve gecikmeli iki zaman periyodundaki değişkenlerin kovaryansı mevcut iki değişkenin arasındaki gecikmeye bağlı olup zamana bağlı değil ise bu durum söz konusu zaman serisinin durağan olduğunu gösterir. Eğer serilerde trend yani bir diğer ifadeyle eğilim söz konusuysa bu durağanlığın olmadığı anlamına gelir ki bu durum yanıltıcı değerlendirmelere neden olabileceği gibi, aynı zamanda değişkenlerin stokastik bir sürece sahip olmalarını ifade eder ve normal dağılım varsayımı altında öngörülerini imkansızlaştıran bir durumdur. Bu noktada zaman serilerine ait durağanlık durumunun incelenmesi için kullanılan bir yöntem birim kök testleridir. Bir zaman serisine birim kök uygulandığında seri durağan çıkmıyor yani birim kök içeriyorsa bu durumda seri, farkı alınarak yeni bir birim kök testine tabi tutulur.

İlk olarak Dickey-Fuller Birim Kök testi 1979'da D. A. Dickey ve W. A. Fuller tarafından geliştirilmiş olup daha sonra üzerine bazı trigonometrik denklemler eklenerek geliştirilmiştir. Bu çalışmada Enders ve Lee 'nin (2012) önerdiği Fourier ADF birim kök testi kullanılmaktadır. Fourier ADF birim kök testi kırılma veya doğrusal olmayan bir trend söz konusu olduğunda kullanılmaktadır. Çünkü böyle bir durumda en az bir fourier frekansının veri oluşturma sürecine dahil olması gerekmektedir.

$$y_t = \alpha_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \varepsilon_t \quad (4.9)$$

Denklem (4.9)'da yer alan π , k , t , T terimleri sırasıyla; pi sayısı, frekans değeri, trend değeri ve gözlem sayısını temsil etmektedir. Çalışmada ayrıca optimal frekans sayısının minimum kalıntı kareler toplamı ile elde edilebileceği ifade edilmiştir. FADF

birim kök testinde asimetrik ilişkilerde modele dahil edilmiştir. Bu nedenle Perron (1990), Zivot-Andrews (1992), Bai-Perron (2003) çalışmalarının bir alternatifi niteliği taşımaktadır. Ayrıca serilerdeki mevcut kırılma yerlerinin sayısının ve formunun önceden tespitinin gerekliliğinin bulunmaması en büyük avantajı olarak görülmektedir. Modelde temel hipotez H_0 ; seride birim kök vardır şeklinde iken alternatif hipotez H_1 ise serinin durağan olduğunu belirtmektedir.

4.8.2. Fourier Granger nedensellik testi

Nedensellik testleri, zaman serilerindeki değişkenlerin arasında neden-sonuç ilişkisinin var olup olmadığını incelemeye yarayan testlerdir. Bu anlamda nedensellik testleri üzerine birçok tanımlama yapılmış ve en nihayetinde Granger (1969) ile yapılan çalışmalar ile nedensellik tanımı ileri taşınarak nedenselliğin yönünün de saptanabilirliği ile geliştirilmiştir. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmek amacıyla kullanılan geleneksel Granger Nedensellik testinde vektör otoregresif model (VAR) ile uygulanır. Ancak yapısal kırılmaları dikkate almadığından dolayı eleştirilmiş ve buna takiben Enders ve Jones (2016)'un yayınladığı çalışmada mevcut VAR modeline Fourier fonksiyonları eklenerek geliştirilmiştir. Granger Nedensellik testine Fourier fonksiyonlarını ekleyerek yapısal kırılmaların sayı ve tarihlerinin bilinmesi gerekliliğini ortadan kaldıran Enders ve Jones, kurdukları bu modelde A. Ronald Gallant'ın 1981 yılında çıkardıkları çalışmadan hareket etmiş ve sonucunda Fourier Granger Nedensellik Testi'ni ortaya çıkarmışlardır.

$$z_t = \delta + \sum_{i=1}^p A_i z_{t-i} + e_i \quad (4.10)$$

Yukarıdaki gösterilen Denklem (4.10) geleneksel doğrusal bir VAR modelini temsil etmektedir. Denklemde yer alan δ sabit vektörü, A_i katsayı vektörünü temsil etmekte olup, bu modelin eleştirisi iki yöndedir. Birincisi, yapısal kırılmaların göz ardı edilmesinden dolayı modelin hatalı olarak belirtilmesine neden olması; ikincisi ise sınırsız bir VAR' sisteminin aşırı ölçülmesi ihtimalidir. Aşağıda Enders ve Jones (2016)'un genişletilmiş yapısal kırılmaları dahil ederek önerdikleri yeni VAR modeli gösterilmektedir.

$$z_t = \delta(t) + \sum_{i=1}^p A_i z_{t-i} + e_i \quad (4.10)$$

$$\delta(t) = [\delta_1(t), \delta_2(t), \delta_3(t), \dots, \delta_n(t)]' \quad (4.11)$$

$\delta_i(t)$ deterministik terimi belirtmekte olup (c) 'de verilen şekilde gösterilmektedir.

$$\delta_i(t) = a_i + b_i t + \sum_{k=1}^n a_{ik} \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + b_{ik} \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad i = 1, \dots, n \quad (4.12)$$

Fourier Granger Nedensellik testinde H_0 yani temel hipotez değişkenler arası nedensellik ilişkisi bulunmadığını, H_1 alternatif hipotezi ise bulunduğunu belirtmektedir.

4.8.3. Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testi

Büyük ölçekli yapısal modellere alternatif olması için Toda & Yamamoto (1995) tarafından geliştirilen bu testin dayandığı VAR yapısı Sims (1980) tarafından önerilmiş olup değişkenler arasındaki nedensellik yönünün incelenmesi için kullanılmaktadır. Bu çalışmada Granger'in 1969 yılında literatüre kazandırdığı nedensellik testinden farklı olarak değişkenlerin farklı durağanlık derecelerine sahip olmasına izin verilmiştir. Granger'ın söz konusu çalışmasında ise nedensellik analizi için değişkenlere ait serilerin durağan olması gerekmektedir. Fakat yapısal kırılmaları dikkate almaması bu testin eleştiri almasına neden olmuştur. Bu eksikliği ortadan kaldırmak amacıyla Fourier Toda-Yamamoto (2016) çalışması geliştirilmiş ve Fourier fonksiyonlarının VAR modeline eklenmesiyle bu eksikliğin giderilmesi mümkün olmuştur. Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testinin modeli aşağıdaki gibidir.

$$y_t = \alpha(t) + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_{p+dmax} y_{t-(p+dmax)} + \varepsilon_t \quad (4.13)$$

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \sum_{k=1}^n \alpha_{1k} \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{k=1}^n \alpha_{2k} \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (4.14)$$

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \alpha_{1k} \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_{2k} \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (4.15)$$

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_{1k} \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \alpha_{2k} \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_1 y_{t-1} + \dots \quad (4.16a)$$

$$+ \beta_{p+dm} y_{t-(p+dm)} + \varepsilon_t \quad (4.16b)$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan “ y_t ” ve “ β ” da mevcut yapısal değişimler $a(t)$ ile ifade edilmektedir. Buradaki $a(t)$ bir sabit terim olup zamanın bir bileşeni tanımlanmaktadır. Fourier fonksiyonunu modele eklerken, önceden tahmin edilemeyen sayı, form ve tarih gibi faktörleri de teste dahil etmek için Denklem (4.14)’te yer alan model oluşturulmuştur. Denklem (4.15)’te yer alan n : 1-5 arası frekans sayısı, T : gözlem sayısı, k : frekans değerini temsil etmektedir. n ’nin değerinin büyük olması stokastik parametre varyasyonuna neden olabilmekle birlikte aşırı uyuma problemine de neden olabilir. Bu sorunu gidermek üzere kurulan denklem (4.15)’te verildiği gibidir. Denklem (4.16) ise tek frekanslı Fourier Toda-Yamamoto test modeli gösterilmiştir.

4.8.4. Fourier ARDL sınır testi

ARDL sınır testi 2001 yılında Pesaran, Shin ve Smith tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu modelle uzun dönemde karma veya birinci dereceden entegrasyonlu zaman serisine sahip değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanarak literatürde var olan eşbütünleşme modellerine yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Bu modelle birlikte kullanılan bağımsız değişkenler farklı derecede bütünleşmeye sahip olsalar bile analiz edilmeleri mümkün olmaktadır. Eşbütünleşme ilişkisinin incelenmesi öncesinde analiz için EKK yöntemiyle gecikme uzunluğu belirlenen ARDL modelinde, küçük örneklem gruplarında da uygulama gerçekleştirilebilmektedir.

Yılancı ve diğerleri (2020) tarafından durağanlık seviyeleri farklı olan değişkenler arasındaki eşbütünleşmenin incelenbilmesine olanak sağlayan yeni bir yaklaşım geliştirilerek FARDL sınır testini modeli sunulmuştur. ARDL modeline fourier fonksiyonlarının dahil edilmesiyle elde edilen bu yaklaşımda keskin olanlara ek olarak bilinmeyen formları ve bir dizi yumuşak kırılmada dikkate alınabilmektedir. Ekonometrik analizlerde, pozitif ve negatif şokların belirlenmesi gizli ve uzun vadeli eşbütünleşme ilişkisinin tespitinde önem arz etmektedir. Bu noktada fourier fonksiyonları eklendiği modelin yapısal değişikliklerini tanımlama olanağını sağladığından, bu bağlamda ele alınan modelin daha güçlü ve güvenilir bir tahmin sonucu vermesini de mümkün kılar.

Yılancı ve diğerleri BRICS ülkeleri için doğrudan yabancı yatırım girişlerinin çevre üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada, doğrudan yabancı yatırım girişinin ve enerji kullanımının ekolojik ayak izi ve bileşenleri üzerindeki uzun dönemdeki etkisini FARDL modelini kullanarak incelemişlerdir. Modelde kullanılan fourier fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$d(t) = \sum_{k=1}^n a_k \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{k=1}^n b_k \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (4.17)$$

Buradan n=frekans sayısı, k=frekansların sayısı, t=trend, T=örnek boyutunu ifade etmektedir.

$$\Delta FP_t = \beta_0 + \beta_1 FP_{t-1} + \beta_2 EC_{t-1} + \beta_3 FDI_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \phi'_i \Delta FP_{t-i} + \quad (4.18a)$$

$$\sum_{i=1}^{p-1} \delta'_i \Delta EC_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} \phi'_i \Delta FDI_{t-i} + e_i \quad (4.18b)$$

Denklem (4.17)'de verilen fourier açılımı Denklem (4.18)'e dahil edilerek aşağıda gösterilen denklem z elde edilir:

$$\Delta FP_t = \beta_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_2 FP_{t-1} + \beta_3 EC_{t-1} + \quad (4.19a)$$

$$\beta_4 FDI_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \alpha'_i \Delta FP_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta'_i \Delta EC_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} \phi'_i \Delta FDI_{t-i} + e_t \quad (4.19b)$$

Denklemde (4.19); k'nın 0.1'lik artışlarla k= [0.1, ...,5] şeklinde gösterilebilen aralıktaki tüm değerleri kullanılarak tahmin edilmiştir.

4.8.5. Fourier ADL eşbütünleşme testi

Fourier ADL eşbütünleşme testi Banerjee ve diğerleri (2017) tarafından geliştirilmiştir. FADL testi ile birlikte zaman serisinde yer alan verilerdeki düzgün yapısal değişim yakalanarak kesin kırılma tarihlerinin bilinmesi gerekmeksizin sayısı ve kademesi bilinmeyen yapısal değişiklik ile modele ait prosedür gerçekleştirilir. FADL testi ile modele dahil edilen çok sayıda kukla değişkenin yol açabileceği güç

kaybının önüne geçilebilmektedir. Ayrıca kümülatif frekans kullanılmaktadır. Çok sayıda fourier frekasının modele eklenmesi zaman serisinin dinamiklerinin tespitinde yarar sağlamaktadır. Test için aşağıdaki model kullanılmıştır ve fourier yaklaşımıyla deterministik bileşen $d(t)$ Denklem (4.21)'deki gibidir.

$$\Delta y_{1t} = d(t) + \delta_1 y_{1,t-1} + \gamma' y_{2,t-1} + \varphi' \Delta y_{2t} + e_t \quad (4.20)$$

$$d(t) = \gamma_0 + \sum_{k=1}^q \gamma_{1,k} \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{k=1}^q \gamma_{2,k} \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right), \quad q \leq T/2 \quad (4.21)$$

Denklemlerde yer alan terimlerin anlamları şu şekildedir; y_{1t} ; bağımlı değişken, γ , φ ve y_{2t} ; açıklayıcı değişkenleri ifade etmektedir. Hipotezler; $H_0: \delta_1 = 0$ ve $H_1: \delta_1 < 0$ şeklindedir. H_0 değişkenler arası eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade ederken, H_1 ise eşbütünleşme ilişkisinin varlığını ifade etmektedir. Temel hipotezin test edilmesinde $t_{ADL}^F = \frac{\hat{\delta}_1}{se(\hat{\delta}_1)}$ şeklinde gösterilen t-istatistiği kullanılmaktadır. $\hat{\delta}_1$, δ_1 'in en küçük kareler tahmincisi ve $se(\hat{\delta}_1)$, $\hat{\delta}_1$ 'in standart hatasıdır.

4.9. Ampirik Bulgular

4.9.1. Fourier ADF birim kök testi

Bu çalışmada Fourier ADF birim kök testi kullanılmış olup ele alınan serilere ait birim kök analiz sonuçları Tablo 4.2' de yer almaktadır.

Tablo 4.2. Fourier ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Sabit ve Trendli Model			
		Seviye	Birinci Fark
Merge Öncesi	Bitcoin CO ₂ Emisyonu	-3.8022 (1)	-9.1058 (3) ***
	Bitcoin Elektrik Tüketimi	-3.8732 (1)	-11.2168 (3) ***
	Bitcoin Fiyat	-3.9780 (2) *	-
Merge Sonrası	Bitcoin CO ₂ Emisyonu	-5.9688 (1) ***	-
	Bitcoin Elektrik Tüketimi	-5.2615 (1) ***	-
	Bitcoin Fiyat	-3.0832 (1)	-11.2274 (5) ***
Merge Öncesi	Ethereum CO ₂ Emisyonu	-2.6161 (3)	-6.0151 (3) ***
	Ethereum Elektrik Tüketimi	-2.2265 (3)	-11.5453 (2) ***
	Ethereum Fiyat	-3.3987 (3)	-20.4444 (1) ***
Merge Sonrası	Ethereum CO ₂ Emisyonu	-3.8460 (2) *	
	Ethereum Elektrik Tüketimi	-3.2103 (2)	-6.9089 (2) ***
	Ethereum Fiyat	-3.0876 (1)	-14.5005 (4) ***
Merge Öncesi	Shiba Inu CO ₂ Emisyonu	-5.5678 (1) ***	-
	Shiba Inu Elektrik Tüketimi	-5.5343 (1) ***	-
	Shiba Inu Fiyat	-2.0838 (1)	-6.2634(1) ***

Tablo 4.2. (Devam) Fourier ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Sabit ve Trendli Model		
	Seviye	Birinci Fark
Merge Sonrası	Shiba Inu CO ₂ Emisyonu	-5.5498 (5) ***
	Shiba Inu Elektrik Tüketimi	-5.2659 (5) ***
	Shiba Inu Fiyat	-2.8031 (2)
Merge Öncesi	Chainlink CO ₂ Emisyonu	-6.4542 (2) ***
	Chainlink Elektrik Tüketimi	-5.9457 (2) ***
	Chainlink Fiyat	-2.5524 (5)
Merge Sonrası	Chainlink CO ₂ Emisyonu	-3.5201 (1)
	Chainlink Elektrik Tüketimi	-3.1033 (5)
	Chainlink Fiyat	-4.1099 (4) **

Yapılan ilk analizlerde merge öncesi; Bitcoin karbon emisyonu, Bitcoin elektrik tüketimi, Ethereum elektrik tüketimi, Ethereum CO₂ emisyonu, Etherem fiyat, Shiba Inu fiyat ve Chainlink fiyat serilerinde seviyede durağanlık gözlenmediğinden birim kök vardır hipotezi kabul edilerek seriler farkı alınarak tekrar birim kök testi yapılmıştır. Seviyede durağan çıkmayan söz konusu serilerin hepsinde yapılan ikinci analiz sonucunda %99 güvenilirlikle durağanlık tespit edilmiştir. Bununla birlikte yine merge öncesi için; Bitcoin fiyatta %90, Shiba Inu elektrik tüketimi ve Shiba Inu CO₂ emisyonunda %99, Chainlink CO₂ emisyonu ve Chainlink elektrik tüketimi serilerinde ise %99 güvenilirlikle seviyede durağanlık gözlemlenmiştir.

Birim kök testi analizlerinin merge sonrası tarafında ise yapılan ilk test sonuçlarında Bitcoin fiyat, Ethereum fiyat ve elektrik tüketiminde, Shiba Inu fiyat, Chainlink CO₂ emisyonu ve elektrik tüketimi serilerinde seviyede durağanlık gözlenmemiş olup serilerin farkları alınarak yapılan ikinci testte ise sonuçlarda bu seriler için %99 güvenilirlikle durağanlık çıkmıştır. Bitcoin karbon emisyonunda ve elektrik tüketiminde %99, Ethereum karbon emisyonunda %90, Shiba Inu karbon

emisyonda ve elektrik tüketiminde %99, Chainlink fiyatta %95 güvenilirlikle seviyede durağanlık tespit edilmiştir.

4.9.2. Fourier nedensellik testleri

Çalışmada merge öncesi ve sonrası kripto varlıkların fiyatları ile karbon emisyonu ve elektrik tüketimi değişkenleri arasındaki nedensellik çift yönlü olarak incelenmiş olup nedensellik durumunu analiz etmede Fourier Granger ve Fourier Toda-Yamamoto nedensellik testleri kullanılmıştır. Birim kök testi sonucunda Ethereum merge öncesi ve sonrası elektrik tüketimi, fiyat ve merge öncesi CO₂ emisyonu değişkenleri birinci farkta durağanlık, bir diğer ifadeyle değişkenler arası I1-I1 durumu tespit edildiğinden merge öncesi ve sonrası elektrik tüketimi-fiyat ve merge öncesi CO₂ emisyonu-fiyat için çift yönlü olarak nedensellik analizinde Fourier Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Bunların dışında kalan tüm değişkenler için I0-I1 durumu söz konusu olduğundan, nedensellik analizleri Fourier Toda -Yamamoto nedensellik testi üzerinden ele alınmıştır. Uygulanan nedensellik testi sonuçları Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Fourier Toda-Yamamoto ve Fourier Granger Nedensellik Testi Sonuçları

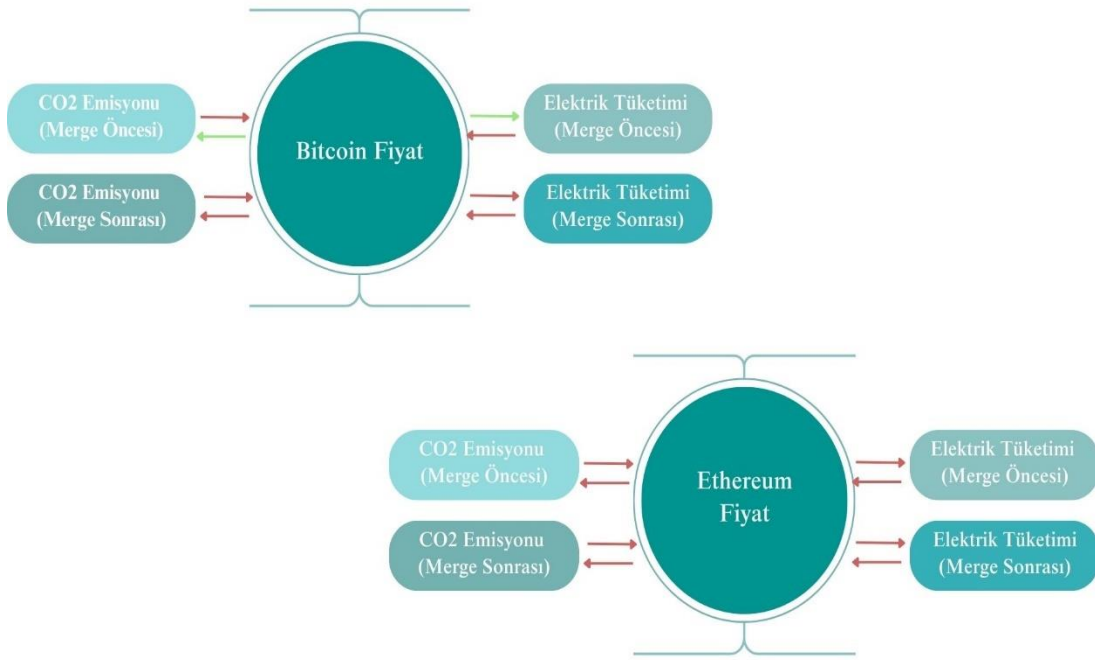
		Test Türü	Test İstatistiği	Asmp. Anlamlılık Değeri	Bootstrap Anlamlılık Değeri	
Bitcoin	MÖ	CO ₂ Emisyonu→Fiyat	FTY	0.329	0.566	
		Elektrik Tüketimi→Fiyat	FTY	0.584	0.445	
		Fiyat→Elektrik Tüketimi	FTY	7.428***	0.006	
		Fiyat→CO ₂ Emisyonu	FTY	5.240**	0.022	
	MS	CO ₂ Emisyonu→Fiyat	FTY	0.005	0.942	
		Elektrik Tüketimi→Fiyat	FTY	0.515	0.473	
		Fiyat→Elektrik Tüketimi	FTY	0.009	0.923	
		Fiyat→CO ₂ Emisyonu	FTY	0.027	0.869	
	Ethereum	MÖ	CO ₂ Emisyonu→Fiyat	FG	0.672	0.412
			Elektrik Tüketimi→Fiyat	FG	0.150	0.698
Fiyat→Elektrik Tüketimi			FG	0.001	0.971	
Fiyat→CO ₂ Emisyonu			FG	0.005	0.944	
MS		CO ₂ Emisyonu→Fiyat	FTY	0.371	0.543	
	Elektrik Tüketimi→Fiyat	FG	0.069	0.792		
	Fiyat→Elektrik Tüketimi	FG	0.112	0.738		
	Fiyat→CO ₂ Emisyonu	FTY	0.016	0.900		

*Tabloda yer alan *** sembolü %99, ** sembolü %95 güvenilirliliği ifade etmektedir.

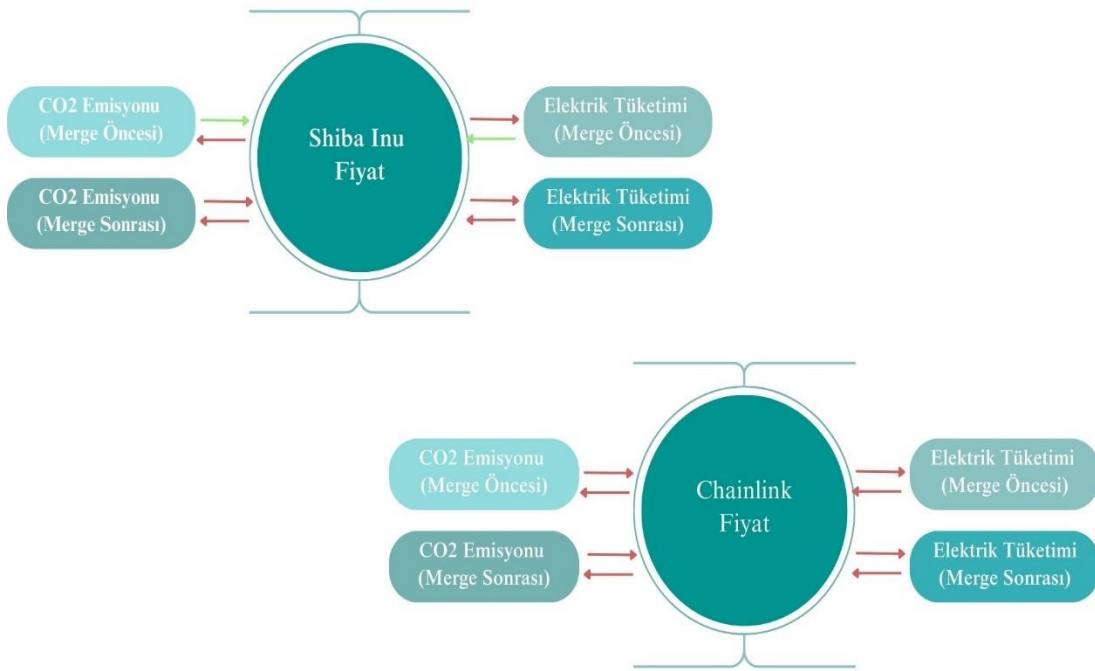
Tablo 4.3. (Devam) Fourier Toda-Yamamoto ve Fourier Granger Nedensellik Testi Sonuçları

		Test Türü	Test İstatistiği	Asmp. Anlamlılık Değeri	Bootstrap Anlamlılık Değeri
Shiba Inu	MÖ	CO ₂ Emisyonu→Fiyat	FTY	25.246***	0.000
		Elektrik Tüketimi→Fiyat	FTY	24.924***	0.000
		Fiyat→Elektrik Tüketimi	FTY	3.395	0.065
		Fiyat→CO ₂ Emisyonu	FTY	3.785	0.061
	MS	CO ₂ Emisyonu→Fiyat	FTY	1.975	0.160
		Elektrik Tüketimi→Fiyat	FTY	0.111	0.739
		Fiyat→Elektrik Tüketimi	FTY	0.325	0.569
		Fiyat→CO ₂ Emisyonu	FTY	1.090	0.281
Chainlink	MÖ	CO ₂ Emisyonu→Fiyat	FTY	0.051	0.821
		Elektrik Tüketimi→Fiyat	FTY	0.242	0.623
		Fiyat→Elektrik Tüketimi	FTY	0.240	0.624
		Fiyat→CO ₂ Emisyonu	FTY	0.281	0.596
	MS	CO ₂ Emisyonu→Fiyat	FTY	0.567	0.451
		Elektrik Tüketimi→Fiyat	FTY	0.115	0.734
		Fiyat→Elektrik Tüketimi	FTY	0.031	0.859
		Fiyat→CO ₂ Emisyonu	FTY	0.113	0.737

*Tabloda FTY= Fourier Toda Yamamoto nedensellik testinin kullanıldığını, FG= Fourier Granger nedensellik testinin kullanıldığını ifade etmekle birlikte, MÖ; Merge Öncesi ve MS; Merge Sonrası anlamına gelmektedir. Ayrıca yine tabloda yer alan *** sembolü %99 güvenilirlik ifade etmektedir.



Şekil 4.26. Nedensellik Testi Sonuçları Şeması



Şekil 4.27. Nedensellik Testi Sonuçları Şeması

Uygulanan nedensellik testi neticesinde, Bitcoin merge öncesi için fiyattan elektrik tüketimine doğru %99, fiyattan CO₂ emisyonuna doğru ise %95 güvenilirlikle nedensellik tespit edilmiş fakat ne elektrik tüketiminden ne de CO₂ emisyonundan fiyata doğru nedensellik ilişkisi bulunmamıştır. Ayrıca merge sonrası veriler ele

alındığında da Bitcoin için değişkenler arasında nedensellik bağı görülmemiştir. Öte yandan Shiba Inu tarafında merge öncesi incelenen verilerde karbon emisyonundan fiyat değişkenine doğru %99, elektrik tüketiminden yine fiyat değişkenine doğru %99 güvenirlikle nedensellik çıkmış olup fiyat değişkeninden karbon emisyonu ya da elektrik tüketimi değişkenlerine doğru nedensellik ilişkisi bulunmamıştır. Merge sonrası ise Bitcoin'deki durum ile benzer olarak değişkenler arasında herhangi bir nedensellik tespit edilmemiştir. Ethereum ve Chainlink tarafında ise merge öncesi ve merge sonrası yapılan nedensellik analizleri sonucu herhangi yönlü bir nedensellik ilişkisi bulgusuna ulaşılmamıştır.

4.9.3. Fourier ARDL sınır testi ve Fourier ADL eşbütünleşme testi

Çalışmada ele alınan verilerin birim kök sonuçlarında Ethereum merge öncesi ve sonrası elektrik tüketimi ve fiyat serilerinde; merge öncesi ise CO₂ emisyonu serisinde birinci farkta durağanlık bulgusuna ulaşıldığından merge öncesi ve sonrası elektrik tüketimi-fiyat ve merge öncesi CO₂ emisyonu-fiyat değişkenlerinin birlikte hareketliliğini incelemek amacıyla Fourier ADL eşbütünleşme testi uygulanmış olup analize dahil edilen değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi bağımlı ve bağımsız değişkenlerin yerleri değiştirilerek tekrar analiz edilmiştir. Bunlar dışındaki değişkenlerde birim kök testi sonuçlarında I0-I1 durumu tespit edildiğinden birlikte hareketlilik analizi için Fourier ARDL sınır testi kullanılmıştır. Tablo 4.4'te Fourier ARDL sınır testi ve Fourier ADL eşbütünleşme testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.4. Fourier ARDL Sınır Testi (Bitcoin)

			Bootstrap Kritik Değerler					
			Test İstatistiği	%10	%5	%1	k	AIC
Elektirik Tüketimi–Fiyat (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	16.4982***	8.4859	9.8989	12.9079	0.1	-9.12
		t	-5.1419***	-3.9051	-4.1590	-4.8058		
		F _B	4.0231**	2.9632	3.4745	4.1364		
	Merge Sonrası	F _A	25.2238***	8.9348	10.1911	13.6613	0.9	-9.38
		t	-7.0130***	-4.0942	-4.4439	-5.0031		
		F _B	4.4855***	3.2721	3.7576	4.4201		
Fiyat– Elektirik Tüketimi (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	9.3340**	8.0339	9.1166	11.2287	1.6	-5.52
		t	-1.4823	-3.8196	-4.1052	-4.6580		
		F _B	-3.9765***	-1.1692	-0.7470	-0.0146		
	Merge Sonrası	F _A	4.5982	8.6894	10.1078	12.9009	0.8	-6.24
		t	-2.7887	-4.0267	-4.3617	-4.9062		
		F _B	0.2099	-2.1869	-1.8772	-1.2598		
CO ₂ Emisyonu – Fiyat (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	16.9695***	9.3313	10.8537	13.8226	3.6	-8.89
		t	-5.1138***	-4.1519	-4.4984	-5.0292		
		F _B	4.0292***	2.6808	3.1241	4.0024		
	Merge Sonrası	F _A	24.6676***	9.0030	10.3123	12.3503	0.9	-9.52
		t	-6.9233***	-4.0630	-4.3494	-4.8678		
		F _B	4.4986***	3.0839	3.5616	4.2747		
Fiyat– CO ₂ Emisyonu (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	4.7658	8.0013	9.4234	12.9881	0.3	-5.51
		t	-1.6193	-3.8490	-4.1320	-4.8625		
		F _B	-1.1198*	-1.7375	-1.3415	-0.5128		
	Merge Sonrası	F _A	4.5523	8.5867	9.6859	12.4291	0.8	-6.24
		t	-2.7714	-3.9875	-4.2671	-4.7838		

Tablo 4.4. (Devam) Fourier ARDL Sınır Testi (Bitcoin)

			Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler			k	AIC
				%10	%5	%1		
Fiyat- CO ₂ Emisyonu (Bağımlı-Bağımsız)	Merge Sonrası	F _B	0.2040	-2.1600	-1.8543	-1.0936	0.8	-6.24

Tablo 4.5. Fourier ARDL Sınır Testi (Ethereum)

			Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler			k	AIC
				%10	%5	%1		
CO ₂ Emisyonu - Fiyat (Bağımlı-Bağımsız)	Merge Sonrası	F _A	6.485925	8.319221	9.465146	14.16375	0.8	-7.30
		t	-3.591648	-3.958165	-4.161185	-5.126609		
		F _B	-0.038738	-1.865162	-1.503000	-0.707175		
Fiyat- CO2 Emisyonu (Bağımlı-Bağımsız Değişken)	Merge Sonrası	F _A	6.143667	8.54051	9.90280	12.87161	0.9	-5.88
		t	-3.497303	-4.02594	-4.351078	-4.87951		
		F _B	-0.572558	-2.13606	-1.84718	-1.23287		

Tablo 4.5. Fourier ARDL Sınır Testi (Shiba Inu)

			Bootstrap Kritik Değerler				k	AIC
			Test İstatistiği	%10	%5	%1		
Elektirik Tüketimi–Fiyat (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	10.0407	7.7319	9.0215	11.3302	0.1	-3.50
		t	-4.2273	-3.76523	-4.08604	-4.6495		
		F _B	0.0109	2.4980	2.9278	3.8196		
	Merge Sonrası	F _A	8.7891*	8.0796	9.1976	12.5504	0.5	-4.83
		t	-4.1911**	-3.8449	-4.1377	-4.7415		
		F _B	-0.3152	-1.7335	-1.4328	-0.7121		
Fiyat– Elektirik Tüketimi (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	6.2169	6.31948	7.53371	10.64422	0.6	-3.90
		t	-2.3370	-3.37496	-3.74091	-4.51445		
		F _B	-0.2264	-0.56776	-0.08930	0.69263		
	Merge Sonrası	F _A	2.226151	5.69948	7.1661	10.0460	3.9	-5.48
		t	-1.41056	-3.25781	-3.5969	-4.2515		
		F _B	-0.96778	1.63123	2.08983	2.9619		
CO ₂ Emisyonu – Fiyat (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	9.5707	7.3321	8.4707	11.5211	0.1	-3.53
		t	-4.1112	-3.6684	-3.9744	-4.5864		
		F _B	-0.1664	2.5601	3.0468	3.85653		
	Merge Sonrası	F _A	6.8973	8.7895	10.3143	12.0608	0.8	-10.54
		t	-3.0530	-4.0664	-4.4182	-4.8355		
		F _B	0.9693	4.0458	4.3710	4.8417		
Fiyat– CO ₂ Emisyonu (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	6.1901	6.29393	7.87352	11.19861	0.6	-3.90
		t	-2.3827	-3.41086	-3.77743	-4.43891		
		F _B	-0.1724	-0.28785	0.09156	0.77778		
	Merge Sonrası	F _A	2.9315	8.1034	9.3636	11.9948	0.8	-6.16
		t	-1.8998	-3.9329	-4.2109	-4.799		

Tablo 4.5. (Devam) Fourier ARDL Sınır Testi (Shiba Inu)

			Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler			k	AIC
				%10	%5	%1		
Fiyat- CO ₂ Emisyonu (Bağımlı-Bağımsız Değişken)	Merge Sonrası	F _B	0.4839	-1.8441	-1.4785	-0.5606	0.8	-6.16

Tablo 4.6. Fourier ARDL Sınır Testi (Chainlink)

			Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler			k	AIC
				%10	%5	%1		
Elektirik Tüketimi-Fiyat (Bağımlı-Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	13.071	8.5056	9.830705	12.42602	0.2	-2.19
		t	-4.9840***	-3.9265	-4.232748	-4.826788		
		F _B	0.0255	1.5494	2.425815	3.454185		
	Merge Sonrası	F _A	10.09775***	5.5564	6.68563	9.44360	5.0	-4.13
		t	-4.48168***	-3.2168	-3.51667	-4.13364		
		F _B	-0.13300	1.1207	1.78512	2.62193		
Fiyat- Elektririk Tüketimi (Bağımlı-Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	4.5330	6.8955	8.2320	10.13256	0.6	-4.68
		t	-3.0046	-3.5098	-3.8793	-4.2920		
		F _B	-1.4427	2.0344	2.4819	3.2593		
	Merge Sonrası	F _A	3.5365	5.45250	6.7841	9.4522	4.1	-5.34
		t	-2.6519	-3.1929	-3.5621	-4.1149		
		F _B	-0.3577	2.9576	3.3386	4.0428		
CO ₂ Emisyonu - Fiyat (Bağımlı-Bağımsız)	Merge Öncesi	F _A	13.0953***	8.4947	9.7187	12.2213	0.2	-2.20
		t	-4.9873***	-3.9201	-4.23484	-4.8137		
		F _B	-0.0400	1.8857	2.57875	3.4402		

Tablo 4.6. (Devam) Fourier ARDL Sınır Testi (Chainlink)

		Test İstatistiği	Bootstrap Kritik Değerler			k	AIC
			%10	%5	%1		
CO ₂ Emisyonu – Fiyat (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Sonrası	F _A	9.1694**	5.7867	7.0377	9.6277	
		t	-4.26120***	-3.26619	-3.53013	-4.24198	5.0
		F _B	-0.00509	0.42716	1.31810	2.63653	
Fiyat– CO ₂ Emisyonu (Bağımlı–Bağımsız Değişken)	Merge Öncesi	F _A	4.5192	6.6205	7.8384	10.0514	
		t	-3.0007	-3.4616	-3.7920	-4.4169	0.6
		F _B	-1.4325	2.3112	2.7917	3.4938	
	Merge Sonrası	F _A	3.5874	5.3559	6.3169	9.0196	
		t	-2.6782	-3.1182	-3.4214	-4.0675	4.1
		F _B	-0.5111	2.9434	3.2570	3.8843	

Tablo 4.7. Fourier ADL Eşbütünleşme Test Sonuçları

		Bağımlı – Bağımsız Değişken	Test İstatistiği	Frekans	MIN_AIC
Ethereum	Merge Öncesi	Elektrik Tüketimi – Fiyat	-3.831534*	3.000000	-9.870960
		Fiyat – Elektrik Tüketimi	-2.057154	1.000000	-5.028759
		CO ₂ Emisyonu – Fiyat	-3.529063	1.000000	-9.375278
	Merge Sonrası	Fiyat – CO ₂ Emisyonu	-0.710306	1.000000	-5.020446
		Elektrik Tüketimi – Fiyat	-2.788862	1.000000	-7.541267
		Fiyat – Elektrik Tüketimi	-3.593463	1.000000	-5.865372

*Tabloda yer alan * sembolü %90 güvenilirliği ifade etmektedir. “%99, %95, %90” güvenilirlik sıralamasına göre kritik değerler “frekans 1” için “-5.04, -4.47, -4.19”; frekans 3 için “-4.70, -4.07, -3.75” şeklinde olup bu kritik değerler Piyali Banerjee, Vladimir Arčabić ve Hyejin Lee adlı yazarların “Fourier ADL cointegration test to approximate smooth breaks with new evidence from Crude Oil Market” adlı eserlerinden alınmıştır.

Bu çalışmada ele alınan kripto varlıkların merge öncesi ve sonrası birlikte hareketlilik durumlarını incelemek üzere Fourier ARDL sınır testi ve Fourier ADL eşbütünleşme testleri kullanılmıştır. Birlikte hareketliliğin tespitinde sağlıklı sonuçları elde etmek amacıyla ele alınan serilerin logaritmaları alınmıştır. Merge öncesi Ethereum CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve fiyat değişkenleri için birim kök testi sonucunda birinci farkta durağanlık tespit edildiğinden bu durumda elektrik tüketimi-fiyat ve CO₂ emisyonu-fiyat ilişkilerinde I1-I1 eşleşmesi sonucuna varılarak değişkenler arası birlikte hareketliliğin analiz edilmesinde Fourier ADL eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Yapılan eşbütünleşme testi sonucunda bağımlı değişken elektrik tüketimi, bağımsız değişken ise fiyat olarak ele alındığında %90 güvenilirlikle eşbütünleşme yani birlikte hareketlilik tespit edilmiş olup H1 “eşbütünleşme vardır” hipotezi kabul edilmiştir. Bağımlı değişkeni fiyat, bağımsız değişkeni elektrik tüketimi olarak aldığımızda ise değişkenler arasında birlikte hareketlilik bir diğer ifadeyle eşbütünleşme ilişkisi bulunmamıştır. Bununla birlikte bağımlı değişken CO₂ emisyonu, bağımsız değişken fiyat olarak alındığında veya bu iki değişkenin birbirleriyle yeri değiştirilerek ele alındığında ise aralarında yine bir eşbütünleşme ilişkisine bağlı birlikte hareketlilik gözlenmemiştir.

Çalışmada merge öncesi ve sonrası Bitcoin, Shiba Inu ve Chainlink için ve Ethereum tarafında ise merge sonrası değişkenlere Fourier ARDL sınır testi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda Bitcoin tarafında bağımlı değişkeni elektrik tüketimi, bağımsız değişkeni fiyat olarak ele aldığımızda merge öncesi %99 güvenilirlikle ve merge sonrası %99 güvenilirlikle eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiş olup bağımlı değişkeni fiyat, bağımsız değişkeni elektrik tüketimi olarak ele aldığımızda ise merge öncesi %95 güvenilirlikle birlikte hareketlilik gözlenmiş fakat merge sonrası eşbütünleşme ilişkisi sonucuna ulaşılmamıştır. Fiyat değişkeninin CO₂ emisyonu ile birlikte hareketliliğine baktığımızda; bağımlı değişkeni CO₂ emisyonu bağımsız değişkeni fiyat olarak ele aldığımızda merge öncesi %99 güvenilirlikle, merge sonrası %99 güvenilirlikle eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur. Bağımlı değişkeni fiyat, bağımsız değişkeni ise CO₂ emisyonu olarak aldığımızda ise merge öncesi %90 güvenilirlikle eşbütünleşme ilişkisi bulunmakla birlikte merge sonrasında ise herhangi bir eşbütünleşme ilişkisi bulunmamıştır. Ethereum için birlikte hareketlilik durumu için bakıldığında merge sonrası CO₂ emisyonu ve fiyat değişkenleri için çift yönlü birlikte hareketlilik incelendiğinde herhangi bir düzeyde ilişki gözlenmemiştir.

Shiba Inu için birlikte hareketlilik analiz sonuçları ele alındığında bağımlı değişken elektrik tüketimi bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında merge öncesi birlikte hareketlilik söz konusu olmamakla birlikte merge sonrası %95 güvenilirlikle birlikte hareketlilik söz konusudur. Fiyat değişkeni bağımlı değişken olarak incelendiğinde ise merge öncesi ve sonrası için birlikte hareketlilik tespit edilmemiştir. CO₂ emisyonu ve fiyat değişkenleri için; ne bağımlı değişken CO₂ emisyonu bağımsız değişken fiyat olarak ele alındığında ne de tersi incelendiğinde merge öncesi veya sonrası birlikte hareketlilik tespit edilmemiştir.

Chainlink tarafında ise yapılan test sonuçlarında elektrik tüketimi bağımlı ve fiyat bağımsız değişken olarak incelendiğinde merge öncesi %90, merge sonrası %95 güvenilirlikle birlikte hareketlilik tespiti söz konusu iken bağımlı değişken fiyat olarak ele alındığında merge öncesi veya sonrası değişkenler arası birlikte hareketliliğin söz konusu olmadığı görülmüştür. CO₂ emisyonu-fiyat ilişkisi için ise bağımlı değişken CO₂ emisyonu bağımsız değişken fiyat olarak analiz gerçekleştirildiğinde merge öncesi ve sonrası %95 güvenilirlikle birlikte hareketlilik tespit edilirken, fiyat değişkenini bağımlı değişken olarak ele aldığımızda ise merge öncesi veya sonrasında herhangi bir birlikte hareketlilik bulgusuna ulaşılmamıştır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanlık tarihi boyunca, insanın değişen ihtiyaçlarına, alışkanlıklarına ve artan mal ve hizmete bağlı olarak farklı ödeme ve yatırım araçları geliştirilmiştir. Özellikle de internetin yaygınlaşmasıyla bu işlemlerin gerçekleştirilmesi daha kolay hale gelmiştir.

Bitcoin'in ortaya çıkmasını takip eden süreçte farklı kripto varlık türlerinin de çıkması ve popülerite kazanmasıyla merkeziyetsiz finans kavramı sıkça duyulmaya ve uygulamalarının kullanımı ilgi çekmeye başlamıştır. Bu durum beraberinde bu sanal ekosistemin sürdürülebilirliği ile ilgili bazı eleştirileri getirmiştir.

İklim değişikliği, canlı yaşamı için yüksek düzeyde önem arz eden bir konudur. İnsan faktörünün ihtiyaçları doğrultusunda doğadaki kaynakları kullanması, özellikle kaynak kullanımlarının bilinçsizce gerçekleştirilmesi, artan nüfus ve değişen ihtiyaçlar karşısında hızla gelişen teknolojik yenilikler zamanla ekolojik sorunlara ve çevre kirliliğine yol açmıştır. Isınma, beslenme gibi temel ihtiyaçlarımızı karşılamamıza yarayan enerjinin, değişen yaşam şartlarına bağlı olarak hemen hemen bütün ekonomik süreçlerde kullanımı gereklilik arz etmektedir. Her alanda üretkenliğin ve gelişimin artması küreselleşen dünyada ülkelerin büyümeleri için önemli olduğundan ve toplumların gelişmişlik seviyeleri ile uluslararası politikalarındaki davranışlarında enerjinin etkin bir rolü olduğundan, zamanla enerjiye olan talep artmış ve buna bağlı olarak enerji kaynaklarının yoğun kullanımı çevresel sorunların da artmasına neden olmuştur. Yoğun enerji tüketimi sera gazlarının artmasına, dolayısıyla da iklim değişikliğine neden olmaktadır. Atmosferde başta karbon gazı olmak üzere belirli gazların yüksek oranlarda bulunması iklim değişikliği açısından önemli etkiye sahiptir. Bu etki, karbondioksit gazının sera gazı emisyonu oluşumuna neden olması ve oluşan bu emisyonun ortalama küresel ısının artmasına sebep olması ile açıklanabilir. Sera gazı emisyonunun artmasında önemli faktörlerden biri yoğun elektrik tüketimidir. Bu anlamda iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden kurtulmada ve bu amaca yönelik alınacak önlemlerde enerji tüketiminin azaltılması büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda finans alanında yaşanan dijitalleşme ile finansal teknolojilerin müşteri odaklı ve yenilikçi gelişimi, bu alana bağlı sektörlerdeki hizmet kalitesinde ve farklı hizmet çeşitlerinin sunulmasında; bu durumu takiben de beraberinde iş modellerinin de değişmesinde etkili olmuştur. Öte yandan finans alanında bu tarz yenilik ve

gelişmelerin gerçekleşmesi enerji tüketiminde artışa neden olmaktadır. Bunun nedeni finans alanında meydana gelen gelişme ve yeniliklerin işletmelere ve diğer tüketicilere daha düşük maliyetlerde ve daha kolay alternatifler sunabilmesidir. Tüketicileri ve işletmeleri yatırım yapmaya, tasarruf etmeye teşvik eden bu durum enerji talebinin artmasına yol açmaktadır. Bir diğer ifadeyle finans alanındaki gelişmelerin enerji tüketimini teşvik ettiği söylenebilir.

Finans alanındaki gelişmelere örnek niteliği taşıyan ve geleneksel finans sistemine alternatif olarak farklı bir boyutta hizmet sağlayan bir yenilik de Merkeziyetsiz Finans (DeFi)'dir. Merkeziyetsiz Finans, altyapısını Bitcoin ve beraberinde diğer kripto varlıkların da ortaya çıkışıyla gündeme gelen blokzincir teknolojisinin oluşturduğu, akıllı kontratların yürütülmesiyle işleyen bir teknolojiyi temsil etmektedir. Bir Web 3.0 ürünü olarak da nitelendirilebilen ve farklı uygulama tarzıyla finansal ürün ticaretinin yapıldığı DeFi, kullanıcılara sunduğu avantajlı uygulama ve hizmetlerle hızla yayılma göstermeye başlamış bir ekosistemdi. Merkeziyetsiz Finans, geleneksel finans sistemindeki üçüncü tarafın ortadan kaldırılmasıyla işlem maliyetlerini düşürse de blokzincirin fikir birliği mekanizmasından kaynaklı yoğun enerji tüketimi tartışma konusudur. Kripto varlıklardaki madencilik sürecinde tüketilen enerji, çevre kirliliği açısından önemli bir risk unsuru olmakla birlikte ilerleyen yıllarda ülkelerin kendi kripto varlıklarını çıkarma durumu da göz önüne alındığında, madencilik sürecini içeren bir mekanizma kullanılması durumunda enerji talebi tarafındaki artışın çok daha fazla gerçekleşmesi bu risk konusunda endişeleri arttırmaktadır. Sera gazlarının büyük bir kısmını CO₂ emisyonları oluşturmakla birlikte, bu emisyonların yüksek oranlara çıkması küresel ısınma sorununu şiddetlendirmektedir. Bu nedenle yoğun enerji tüketiminden kaynaklı oluşabilecek sıcaklık artışları iklim koşullarını da etkileyebileceğinden; yeryüzündeki canlıların sel baskınları, kıtlık ve tayfunlar gibi ciddi sorunlarla karşı karşıya kalmasına yol açabilecektir.

Bu çalışma kapsamında merge sonrası kripto varlıkların elektrik tüketiminde meydana gelen değişimin etkilerini incelemek amacıyla seçili kripto varlıkların elektrik tüketimi, karbon emisyonu ve fiyat verileri çalışmanın değişkenleri olarak ele alınmış ve seriler arasındaki ilişki merge öncesi ve sonrası olmak üzere ayrı ayrı incelenmiştir.

Çalışmada öncesinde serilerin durağanlık durumlarını test etmede Fourier ADF (FADF) Birim Kök Testi kullanılmış sonrasında ise test sonuçlarına göre analizlerin

devamı için uygun testler belirlenmiştir. Bu doğrultuda değişkenlerin nedensellik ilişkilerini incelemek için Fourier Granger Nedensellik Testi ve Fourier Toda-Yamamoto Nedensellik Testi kullanılmış olup eşbütünleşme analizi için ise Fourier ARDL Sınır Testi ve Fourier ADL Eşbütünleşme Testi tercih edilmiştir.

Yapılan testler sonucunda Bitcoin için sadece merge öncesi fiyattan değişkeninden elektrik ve CO₂ emisyonu değişkenlerine doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Shiba Inu için merge öncesi elektrik tüketimi ve CO₂ emisyonundan fiyat değişkenine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ethereum ile Chainlink arasında ise merge öncesi ya da sonrası herhangi yönlü bir nedensellik saptanmamıştır. Eşbütünleşme testi sonuçlarında ise merge öncesi Ethereum için elektrik tüketimi bağımlı değişken fiyat değişkeni bağımsız değişken olarak incelendiğinde eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Merge sonrası ise CO₂ emisyonu ve fiyat değişkenleri için herhangi bir eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmemiştir. Bitcoin için elektrik tüketimi bağımlı fiyat bağımsız değişken olarak incelendiğinde merge öncesi de sonrası da eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiş olup bağımlı değişkeni fiyat bağımsız değişkeni elektrik tüketimi olarak incelendiğinde ise sadece merge öncesi birlikte hareketlilik gözlenmiştir. Bağımlı değişken CO₂ emisyonu bağımsız değişken fiyat olarak alındığında ise merge öncesi ve sonrası birlikte hareketlilik söz konusuyken; bağımlı değişken fiyat ve bağımsız değişken CO₂ emisyonu olarak ele alındığında ise sadece merge öncesi eşbütünleşme ilişkisi saptanmıştır. Shiba Inu tarafında birlikte hareketlilik incelendiğinde sadece merge sonrası elektrik tüketimi bağımlı değişken, fiyat bağımsız değişken olarak ele alındığında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Eşbütünleşme testi sonuçlarına göre Chainlink tarafında da elektrik tüketimi bağımlı, fiyat bağımsız değişken olarak ele alındığında merge öncesi ve sonrası birlikte hareketlilik tespit edilirken CO₂ emisyonu bağımlı değişken, fiyat bağımsız değişken olarak incelendiğinde ise merge öncesi ve sonrası eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Bu doğrultuda nedensellik testleri ve eşbütünleşme testlerine bağlı kurulan 64 hipotezden 16 tanesi kabul edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre Bitcoin’de merge öncesi ve sonrası dönemlerde nedensellik ve birlikte hareketliliğin tespit edilmesi İş Kanıtı protokolünün kullanmasıyla, Ethereum’da Merge sonrası değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ve eşbütünleşme ilişkisinin bulunmaması merge sonrası değişkenler arasındaki ilişkinin Hisse Kanıtı mekanizmasıyla birlikte ortadan kalkmasıyla açıklanabilirken; token tarafındaki test

sonuçlarında farklı bulgulara rastlanılması, her varlık için yatırımcı algısal farklılığının olmasıyla açıklanabilir.

Çalışmada elde edilen analiz sonuçları literatürde yer alan çalışmalar ile karşılaştırıldığında kripto varlıkların çevresel etkilerini ele alan Erdoğan vd., (2022), Felek vd., (2023) ve Kavas (2023) çalışmaları ile Bitcoin merge öncesi fiyattan CO₂ emisyonuna doğru ve fiyattan elektrik tüketimine doğru nedensellik bulunan, Ethereum için fiyat ve CO₂ emisyonu arasında nedensellik bulunmayan bu çalışmanın nedensellik testi sonuçları arasında benzerlik görülmüştür. Ayrıca enerji tüketimi konusunda uzlaşma protokolünün önemine değinen Kavas (2023) ve İş Kanıtı protokolünde yer alan madencilik süreçlerinin küresel ısınmaya katkı sağladığını belirten Roeck ve Drennen (2022) çalışmaları da yine bu çalışmanın kapsamını destekler niteliktedir.

Kripto varlıkların neden olduğu yoğun enerji tüketimi, gerek kullanımının gittikçe yaygın hale gelmesi gerek temelini oluşturan teknolojinin potansiyelinin varlığından dolayı araştırmaya açık bir çevresel sorun olmakla beraber literatürde bu konuda yapılan çalışma sayısının oldukça az olduğu görülmektedir. Bu durumun söz konusu problemin henüz son yıllarda kendini göstermesinden ve konunun kripto varlıklar tarafında yeterli verinin bulunamamasından kaynaklandığı söylenebilir. İlerleyen zamanda kripto varlıklar ve enerji tüketimi ile ilgili veri noksanlığının giderilmesi ile literatüre katkı sağlayacak çözüm odaklı araştırma ve geliştirme çalışmalarının da artabileceği öngörülmektedir.

Öneriler;

Bu çalışmada yapılan araştırmalar neticesinde literatürde yer alan kaynaklarda göz önüne alındığında bulunulabilecek öneriler aşağıdaki gibidir;

- Kripto üretiminde madenciliğin neden olduğu hash hesaplaması sürecinde kullanılan yoğun enerji tüketimini düşürmek için PoW yerine PoS kullanımı tercih edilebilir.
- Kripto varlık üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim sağlanabilir ve bu doğrultuda karbon emisyonu sorununun önüne geçilebilir.
- PoS protokolünün kullanılmasıyla kripto varlık elektrik tüketiminde ciddi oranda azalış sağlanabilir.

- PoW gibi dezavantajlı protokoller yerine düşük enerji gerektiren mekanizmalar tercih edilebilir.
- Enerji ihtiyacı yüksek olmayan uzlaşma protokollerine geçişin önündeki engeller saptanarak geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılabilir.
- Kripto varlıklar elektrik tüketimi, madencilik ve validatörlük işlemlerindeki hesaplama gücüyle ilgili olarak hash oranıyla ilişkilendirilerek analiz edilebilir.
- Bu çalışmada kripto varlıklarda enerji tüketimi konusu özellikle merge uygulaması bağlamında incelendiğinden araştırma İş Kanıtı ve Hisse Kanıtı mekanizmaları üzerinden sınırlandırılmıştır. Ancak bu iki mekanizma dışında da uzlaşma protokolleri bulunduğunu belirtmekte fayda vardır. Bu çalışmanın kapsamına dahil edilmeyen ve İş Kanıtı mekanizmasından sonra öne sürülen uzlaşma protokollerine Bizans Hata Toleransı (BHT) Uzlaşma Protokolü, DPOS (Delegated proof of stake), Proof of Burn, Proof of Elapsed-time, Proof of Capacity ve Ripple protokolleri örnek verilebilir. İlerleyen süreçte yeni verilerin oluşturulmasıyla da birlikte diğer protokoller üzerinde araştırmalar yapılabilir ve varsa bu protokollerin potansiyellerinin üzerine gidilerek çevre dostu yeni çözümler sunulabilir.

Etherem'un yüksek enerji tüketiminin gerekmediği bir uzlaşma protokolü örneği olan Hisse Kanıtı'na geçişle piyasa ve çevresel açıdan etkileri araştırılan bu çalışmada yapılan araştırmalar ve analizler neticesinde; kripto varlıkların neden olduğu yoğun elektrik tüketimini, çevre dostu bir uzlaşma protokolünün kullanılması veya geliştirilmesiyle önlemenin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır. Yatırım için geleneksel finansa önemli bir alternatif teşkil eden merkeziyetsiz finans uygulamalarının kullanımındaki kolaylık ve diğer teknik özelliklerinin popüleritesi de göz önüne alındığında; kullanım alanları genişledikçe bu varlıklara olan yönelimin artması işlem sayısının birlikte yüksek enerji tüketimi riskini de beraberinde getireceğinden; hem bu yeni teknolojinin hemde canlı ekosistemlerinin sürekliliği için dezavantajlarının azaltılması veyahut ortadan kaldırılması yüksek önem taşımaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçların literatüre katkı sağlayarak ileride yapılacak çalışmalar için ilgili araştırmacılara ve merkeziyetsiz finans alanında yatırım yapacak yatırımcılara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Acar, Z., Aşçı, Ö. Ö., Gülümser, E., Kaymak, G., & Ayan, İ. (2018). Sera gazı salınımı ve çevre kirliliğinin azaltılması yönünden yemlik baklagillerin önemi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(3), 314. <https://doi.org/10.21597/jist.404543>
- Afrianto, I., Heryandi, A., & Atin, S. (2023). Blockchain-based trust, transparent, traceable modeling on learning recognition system Kampus Merdeka. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 22(2), 341. <https://doi.org/10.30812/matrik.v22i2.2780>
- Akçalı, B. Y., & Şişmanoğlu, E. (2019). Kripto para birimleri arasındaki ilişkinin Toda–Yamamoto Nedensellik testi ile Analizi. *Ekev Akademi Dergisi*, (78), 101.
- Akın, G. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 32.
- Akkol, M. L. (2019). Kentleşme ve çevre sorunları. *Bozok Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Sosyoloji Bölümü*, 64.
- Algan, F. T. K., & Bilen, S. (2005). Toprak kirlenmesi ve biyolojik çevre. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1), 83-85-86.
- Alpago, H. (2018). Bitcoin'den Selfcoin'e kripto para. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD)*, 3(2), 417. <https://doi.org/10.21733/ibad.419462>
- Alkoç, Y. K. (2023). Merkeziyetsiz otonom kuruluşlar (DAO) ve vadedilen yeni yönetim anlayışı üzerine bir literatür taraması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25(4), 1926-1927. <https://doi.org/10.16953/deusosbil.1279201>
- Alnıaçık, B. (2019). Kripto paraların dünya ve Türkiye'deki güncel durumu üzerine bir inceleme. *R&S-Research Studies Anatolia Journal*, 2(4), 24. <https://doi.org/10.33723/rs.487419>
- Ampel, B. (2023). The effect of consensus algorithm on Ethereum price and volume, 1.
- Appannagari, R. R. (2017). Environmental pollution causes and consequences: a study. *North Asian International Research Journal of Social Science & Humanities*, 3(8), 154.
- Ardoğan, R. (2012). Tüketim, nüfus ve çevre sorunları: Orantısız denklem. *Journal of History Culture and Art Research*, 1(4), 101. <https://doi.org/10.7596/taksad.v1i4.118>
- Aren, G. (2023). Understanding the energy implications of the Proof-of-Stake Ethereum blockchain: A modelling approach, 7. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.27425.38249>

- Arvas, İ. S. (2022). Gutenberg galaksisinden meta evrenine: üçüncü kuşak internet, web 3.0. *AJIT-e: Academic Journal of Information Technology*, 13(48), 63-66. <https://doi.org/10.5824/ajite.2022.01.003.x>
- Arvas, İ. S., & Tuncer, R. Z. (2023). Kavram karmaşasının gölgesinde blokzincirinin matruşkası: Bitcoin, blokzinciri, web 3.0 ve metaverse. *İnsan ve İnsan*, 10(36), 74. <https://doi.org/10.29224/insanveinsan.1274819>
- Avunduk, H., & Aşan, H. (2018). Blok zinciri (blockchain) teknolojisi ve işletme uygulamaları: Genel bir değerlendirme. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(1), 372.
- Aydoğdu, B., & Toy, E. (2023). Merkeziyetsiz metaverse platformlarındaki üç boyutlu yapıların görsel analizi. *Medeniyet Sanat Dergisi*, 9(1), 158. <https://doi.org/10.46641/medeniyetsanat.1286227>
- Atabey, E. (2022, Haziran 6). Karbondioksit salımı ve iklim değişikliği. Temiz Mekân. <https://www.temizmekan.com/karbondioksit-salimi-ve-iklim-degisikligi/>, Erişim Tarihi: 1 Mayıs 2024.
- Ateş, B. A. (2016). Kripto para birimleri, bitcoin ve muhasebesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 354.
- Aslan, M., & Kasapbaşı, M. C. (2022). Blok zinciri platformları, fikir birliği mekanizmaları ve ağın güvenlik analizi. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 52. <https://doi.org/10.46373/hafebid.1000108>
- Babel, K., Daian, P., Kelkar, M., & Juels, A. (2023, May). *Clockwork finance: Automated analysis of economic security in smart contracts*. In 2023 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP), California, USA. <https://doi.org/10.1109/SP46215.2023.10179346>
- Babu, C. S., & Pal, A. (2023). *Securing decentralized finance through blockchain technologies*. In Cyber-Physical Systems and Supporting Technologies for Industrial Automation. IGI Global.
- Bai, J., & Perron, P. (2003). Computation and analysis of multiple structural change models. *Journal of applied econometrics*, 18(1), 1-22. <https://doi.org/10.1002/jae.659>
- Bakır, H. (2018). Bitcoin: Yeni Bir Finansal Krize Doğru Mu? *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 55(646), 133.
- Banerjee, P., Arčabić, V., & Lee, H. (2017). Fourier ADL cointegration test to approximate smooth breaks with new evidence from crude oil market. *Economic Modelling*, 67, 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.11.004>
- Beniiche, A. (2020). A study of blockchain oracles, 4. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.07140>

- Bentov, I., Lee, C., Mizrahi, A., & Rosenfeld, M. (2014). Proof of activity: Extending bitcoin's proof of work via proof of stake [extended abstract] y. *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, 42(3), 2. <https://doi.org/10.1145/2695533.2695545>
- Beştaş, M. (2023). Decentralized Finance (DeFi), 10(91), 129-132-137. <http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.3445>
- Barbureau, T., Smethurst, R., Papageorgiou, O., Sedlmeir, J., & Fridgen, G. (2023). Decentralised Finance's timocratic governance: The distribution and exercise of tokenised voting rights. *Technology in Society*, 73, 3-4. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102251>
- Bayram, E. & Yurttakal, A. H. (2023). Küresel salgınlarda blok zinciri tabanlı akıllı kontratların kullanımı. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(6), 52.
- Bayram Koçak, T. (2023). *Paranın dijitalleşme süreci: Kripto para* (Yüksek lisans tezi), Trakya Üniversitesi.
- Bertucci, L., Choukroun, S., & Prat, J. (2023). Enjeux et promesses des stablecoins dcentraliss. *Revue d'conomie financire*, (1), 10. <https://doi.org/10.3917/ecofi.149.0073>
- BITLO (20 Ekim 2022). Shiba Inu (SHIB) Nedir? <https://www.bitlo.com/rehber/shiba-inu-shib-nedir> .
- Bilirer, M., & nden, A. (2023). A Study on The Uses of Blockchain in International Trade. Adem Kara, Recai Bazancir (Ed.). *Pioneer and Contemporary Studies in Social, Human and Administrative Sciences*, 72-73-82. <https://doi.org/10.59287/pcsshas.130>
- Bodur, B., Kılıç, M. D., Yayla, M., & Mercan, S. (2023). İstanbul'daki otoyol kenarı toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonlarının ve jeo-birikim indeksinin değerlendirmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(1), 2. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.1273865>
- Boningari, T., & Smirniotis, P. G. (2016). Impact of nitrogen oxides on the environment and human health: Mn-based materials for the NOx abatement. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 13, 133. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2016.09.004>
- BTK, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, (2020). *Kripto Para Araştırma Raporu*. <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/arastirma-raporlari/kripto-para-raporu-5f11dfe709c25.pdf>, Erişim Tarihi: 1 Mayıs 2024
- Caldarelli, G., & Ellul, J. (2021). The blockchain oracle problem in decentralized finance—a multivocal approach. *Applied Sciences*, 11(16), 1. <https://doi.org/10.3390/app11167572>

- Corbet, S., Goodell, J. W., Gunay, S., & Kaskaloglu, K. (2023). Are DeFi tokens a separate asset class from conventional cryptocurrencies?. *Annals of Operations Research*, 322(2), 2-3. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3810599>
- Çağlarırnak, N., & Hepçimen, A. Z. (2010). Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. *Akademik Gıda*, 8(2), 33.
- Çakmak, M., & Bayram, E. (2022). Merkeziyetsiz Finans: Kavramsal çerçeveye dayalı bir inceleme, 697-699.
- Çallı, F., & Şentürk, N. (2021). Tedarik zinciri yönetiminde blok zinciri platformlarının karşılaştırılması. *Dijital Dönüşüm ve İşletmecilik*, 98.
- Cansaran, D. (2019). Gürültü kirliliği düzeyini belirlemeye yönelik bir çalışma: Amasya ili örneği. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 74(1), 94. <https://doi.org/10.33630/ausbf.523208>
- Capponi, A., Olafsson, S., & Alsabah, H. (2023). Proof-of-work cryptocurrencies: Does mining technology undermine decentralization?. *Management Science*, 69(11), 3. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4840>
- Chen, T., Li, Z., Zhang, Y., Luo, X., Chen, A., Yang, K., ... & Zhang, X. (2019, July). *Dataether: Data exploration framework for ethereum*. In IEEE 39th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS) 2019, Texas, USA. <https://doi.org/10.1109/ICDCS.2019.00137>
- Chen, T., Li, Z., Zhu, Y., Chen, J., Luo, X., Lui, J. C. S., ... & Zhang, X. (2020). Understanding ethereum via graph analysis. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 20(2), 5. <https://doi.org/10.1145/3381036>
- Chiarelli, A. (2023). Securing the bridges between two worlds: A systematic literature review of blockchain oracles security, 42. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202309256044>
- Civelekoğlu, G., & Bıyık, Y. (2018). Ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değişiminin incelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 158-159. <https://doi.org/10.30516/bilgesci.427359>
- Coşkun, K., & Yıldırım, S. (2023). Paranın tarihsel serüven içerisindeki formları. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi*, (25), 86-87.
- Cousaert, S., Vadgama, N., & Xu, J. (2022). Token-based insurance solutions on blockchain. In *Blockchains and the Token Economy: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 247. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95108-5_9
- Çallı, F. (2021). NFT teknolojisine turizm perspektifi ile bir bakış. *Journal of New Tourism Trends*, 2(2), 163.
- Çelik, A., & Küçük, A. (2020). Tüketim toplumunun çevre sorunlarına etkileri. *Econharran*, 4(5), 1-3.

- Çolak, S., Akça, Ş. B., & Yazıcı, K. (2021). Toprak kirliliğinin zenginleştirme, transfer ve birikim faktörleri ile değerlendirilmesi; Zonguldak/Çaycuma örneği. *Ziraat Mühendisliği*, (371), 61. <https://doi.org/10.33724/zm.724237>
- Darar, F.S. (2023). *Tüketicilerin Turizm Harcamalarında Kripto Para Kullanım Niyetlerinin İncelenmesi* [Doktora tezi]. Karabük Üniversitesi.
- Demir, F. (2021). *Küresel piyasalar ve ekonomi dışı etkenlerin kripto para piyasaları üzerine etkileri* [Yüksek lisans tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- Deniz, M. (2009). Sanayileşme perspektifinde kentleşme ve çevre ilişkisi. *Coğrafya Dergisi*, (19), 102.
- Dickey, David A. ve Fuller, Wayne A., (1979) “Distribution of the Estimation for Autoregressive Time Series with a Unit Root, *Journal of The American Statistical Association*, 74(366a), s.427-43.
- Diri, N., & Yalçınkaya, B. (2022). Blokzincir uygulamalarında kişisel veri problemi: Depolama riskleri ve öneriler. *Bilgi Yönetimi*, 5(1), 53. <https://doi.org/10.33721/by.1000702>
- Doğan, S., & Tüzer, M. (2011). Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 25.
- Durmuş, S. & Polat, M. Ş. (2018). Sanal para bitcoin, *KAÜİİBFD*, 9(18), 666.
- Dursun, F. (2023). Bilgi teknolojilerinin çevresel yüzü: Yeşil bilişim. *Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 232. <https://doi.org/10.55179/dusbed.1281865>
- Dündar, Y., & Aslan, R. (2005). Yaşamı kuşatan ağır metal kurşunun etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 6(2), 1-2.
- Efe, B. (2023). Küresel iklim değişikliği sorunu ve Paris Anlaşması çerçevesinde uluslararası iklim değişikliği sözleşmeleri [Yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi. <https://hdl.handle.net/20.500.12619/101644>
- El Betioui, K., Hassas, M., & Bentahar, A. (2023). Le potentiel des technologies numériques pour renforcer l'impact des associations dans la lutte contre la pauvreté: cas des monnaies locales et complémentaires. *Revue Internationale du Chercheur*, 4(4), 1209.
- Elmas, B. & Aydın, S. (2021). Geçmişten günümüze paranın tarihi: Fiziki paradan kripto paraya. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi* (2021 Özel Sayı), 254-255.
- Enders, W. & Jones, P. (2016), “Grain prices, oil prices, and multiple smooth breaks in a VAR”, *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 20(4), 399-419. <https://doi.org/10.1515/snde-2014-0101>

- Enders, W. & Lee J. (2012), “The flexible Fourier form and Dickey-Fuller type unit root tests”, *Economics Letters*, 117(1), 196-199. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.04.081>
- Erdoğan, 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17998-y>
- Ergün, İ., & Aksoy, S. (2023). Paris iklim anlaşmasına ilişkin internete yansıyan ulusal haberlerin içeriklerinin değerlendirilmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 150-151. <https://doi.org/10.17494/ogusbd.1248195>
- Eroğlu, A. (2022). Kamu mali denetiminin dijitalleşmesi: Blokzincir teknolojisinin incelenmesi. *Alanya Akademik Bakış*, 7(1), 195. <https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.1095833>
- Erten, S. 2004. Çevre eğitimi ve çevre bilinci nedir, çevre eğitimi nasıl olmalıdır?, *Çevre ve İnsan Dergisi*. 2.
- Ezzat, S. K., Saleh, Y. N., & Abdel-Hamid, A. A. (2022). Blockchain oracles: State-of-the-art and research directions. *IEEE Access*, 10, 67559. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3184726>
- Felek, Ş., Karademir, C., & Ceylan, R. (2023). Bitcoin ile karbon emisyonu ilişkisi: Doğrusal olmayan eşbütünleşme analizi. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 141. <https://doi.org/10.30784/epfad.1261418>
- Fidanoğlu, A. 2024. Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesinin sürdürülebilir yaşam için mücadelesi, Ankara: İksad Yay. <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10607491>
- Finance, Y. (2021). Yearn Finance.
- Fırat, S., & Daşdemir, E. (2021). Kripto paralarda miktar teorisi uygulaması: Bitcoin örneği ve Covid-19 salgının etkisi. *İstanbul İktisat Dergisi*, 71(1), 86.
- Gallant, R. (1981), “On the basis in flexible functional form and an essentially unbiased form: The flexible fourier form”, *Journal of Econometrics*, 15(1), 211-353. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(81\)90115-9](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90115-9)
- Gezer, T. (2023). Vergilendirmede blok zincir teknolojisinin avantaj ve dezavantajları. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (41), 207. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.1325266>
- Girgin, S. (2020). *Kripto Paralardan Elde Edilen Kazançların Vergilendirilmesi* [Yüksek lisans tez]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- Göçtürk, T. (2021). *Blockchain teknolojisi ve finans sektörüne etkisi üzerine bir inceleme* [Yüksek lisans tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi. <http://hdl.handle.net/11607/4494>

- Granger, C.W.J. (1969), Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, *Econometrica: Journal Of The Econometric Society*, 20(4), 424-438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
- Gudgeon, L. Perez, P. Harz, D. Livshits, B. & A. Gervais. (2020, July) The decentralized financial crisis. In 2020 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT), Rotkreuz, Switzerland. <https://doi.org/10.1109/CVCBT50464.2020.00005>
- Güçlütürk, O. G. 2021. Hukukçular için blokzincir teknolojisinin teknik işleyişi: Bitcoin örneği, 42.
- Haber, S., ve Stornetta, W. S. (1990). *How to time-stamp a digital document*. In Conference on the Theory and Application of Cryptography, Heidelberg, Germany.
- Hasımoğlu, C., İçingür, Y., O, Öğüt, H. (2002). Dizel motorlarında egzoz gazları resirkülasyonunun (EGR) motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel analizi. *Turkish J. Eng. Env. Sci*, 26, 128.
- Hazar, H. B. (2018). Blok Zincir Teknolojisi ile Muhasebe Uygulamaları. *Vergi Dünyası Dergisi*, (448), 46-50.
- Howson, P., & de Vries, A. (2022). Preying on the poor? Opportunities and challenges for tackling the social and environmental threats of cryptocurrencies for vulnerable and low-income communities. *Energy Research and Social Science*, 84,1. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102394>
- Huang, H., Lin, J., Zheng, B., Zheng, Z., & Bian, J. (2020). When blockchain meets distributed file systems: An overview, challenges, and open issues. *IEEE Access*, 8, 50578. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979881>
- Huseynli, N. (2023). *Temel Blokzincir Teknolojileri* [Yüksek lisans tezi], Karabük Üniversitesi. <http://acikerisim.karabuk.edu.tr:8080/xmlui/handle/123456789/2421>
- Jain, R., Borkar, P., Deshmukh, P., Badhiye, S., Nimje, K., & Gupta, K. (2024). Choosing a suitable consensus algorithm for blockchain applications: A review of factors and challenges. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 12(10s), 334.
- İbadullayeva, J., Jumaniyazova, K., Azimzadeh, S., Canıgür, S., & Esen, F. (2019). Çevre kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri. *Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi*, 1(3), 53.
- İlkılıç, C., & Behçet, R. (2006). Hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkisi. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 67-68.
- İşler, B., Takaoğlu, M., and Küçükali, U. F. (2019). Blokzinciri ve kripto paraların insanlığa etkileri. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 3(2), 74-76. <https://doi.org/10.17932/IAU.EJNM.25480200.2019.3/2.71-83>

- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., & Timur, S. (2003). Metallerin çevresel etkileri-I. *Metalurji dergisi*, 136, 49.
- Kaleem, M., & Shi, W. (2021, March). *Demystifying pythia: A survey of chainlink oracles usage on ethereum*. In *Financial Cryptography and Data Security*. FC 2021 International Workshops: CoDecFin, DeFi, VOTING, and WTSC, Virtual Event, Revised Selected Papers 25. Heidelberg, Berlin. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.06781>
- Kandiş, H., Katırcı, Y., & Karapolat, B. S. (2009). Karbonmonoksit zehirlenmesi. *Duzce Medical Journal*, 11(3), 54.
- Kapengut, E., & Mizrach, B. (2023). An event study of the ethereum transition to proof-of-stake. *Commodities*, 2(2), 96. <https://doi.org/10.3390/commodities2020006>
- Karaarslan, E., & Yazici, S. (2022). Metaverse ve merkezizsizlik. (2022). Fatih Sinan Esen (Ed). *Metaverse Geleceğin Dünyalarını İnşaa Edecek Teknolojiler, Fırsatlar ve Tehditler*, (46-61). Ankara: Nobel Akademik Yay. <https://hdl.handle.net/20.500.12809/10396>
- Karaca, A., & Turgay, O. C. (2012). Toprak kirliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), 13.
- Karagöz, İ. (2023). Dijital finasta yeni trendler. Rahmi Yücel, Yaşar Ayyıldız, Hülya Er (Ed.). *Dijitalleşmenin Finans Sektörüne Getirdiği Yenilikler*. Gaziantep: Özgür Yay.
- Karahan, Ç., & Tüfekçi, A. (2019). Blokzincir teknolojisinin ic denetim faaliyetlerine etkileri: Fırsatlar ve tehditler. *Denetişim*, (19), 60.
- Karakaya, E. (2016). Paris iklim anlaşması: içeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-3. <https://doi.org/10.30803/adusobed.188842>
- Kavas, Y. B. (2023). Kripto paraların çevre kirliliği, makroekonomik göstergeler ve suç üzerindeki etkileri. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(03), 309-316-317. <https://doi.org/10.18026/cbayarsos.1293132>
- Kayan, A. (2018). Kentleşme sorunları kapsamında şanlıurfa'nın çevre sorunları ve çözüm önerileri. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), 299-302.
- Kelen, F. (2014). Motorlu taşıt emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(1-2), 80-82.
- Kesebir, M., & Günceler, B. (2019). Kripto para birimlerinin parlak geleceği. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (17), 607.
- Keskin, M. (2022). Kripto varlık alım satım platformlarının borsa olarak değerlendirilmesi. Bölüm 2. Cilt: 2,

- Khalilov, M. C. K., Gündebahar, M., & Kurtulmuşlar, İ. (2017). Bitcoin ile dünya ve Türkiye'deki dijital para çalışmaları üzerine bir inceleme. In *Proceedings of* (Vol. 19), 1.
- Kılıç, İ., & Şimşek, E. (2009). Hayvan barmaklarından kaynaklanan gaz emisyonları ve çevresel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 14(2), 153.
- Kıyak, Y. S., Coşkun, Ö., & Budakoğlu, İ. İ. (2019). Blokzinciri, akıllı kontratlar ve sağlık alanındaki üç uygulama örneği. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 22(2), 461.
- Kirvesoja, V. (2022). *Advantages and disadvantages of decentralized financial (DeFi) services* [Master's thesis]. Jyväskylä, Finland. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:jyu-202206153332>
- Kitzler, S., Victor, F., Saggese, P., & Haslhofer, B. (2023). Disentangling decentralized finance (DeFi) compositions. *ACM Transactions on the Web*, 17(2), 7. <https://doi.org/10.1145/3532857>
- Koçak, E., & Uçan, O. (2023). Kripto para ticaretinin çevre kirliliği üzerine etkileri: Panel veri analizi. *Journal of Politics Economy and Management*, 6(2), 95.
- Konacaklı, E., & Eyüpoğlu, C. (2023). Blokzinciri tabanlı akıllı hava mühimmatı lojistik takip sistemi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 22(43), 3. <https://doi.org/10.55071/ticaretfbd.1085938>
- Köse, B. (27 Kasım 2021). Shiba Inu (SHIB) oyununun ilk ayrıntıları belli oldu. Uzmancoin. <https://uzmancoin.com/shiba-inu-shib-oyununun-ilk-ayrintilari-belli-oldu/>
- Köse, İ. (2018). İklim değişikliği müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'ni imza süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 58. <https://doi.org/10.18354/esam.329348>
- Köse, S. (2024) Atık katalitik konvertörlerden geri kazanılmış nano boyutlu seramik tozlarının epoksi matriksli kompozitlerde katkı malzemesi olarak değerlendirilmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 9(1), 88. <https://doi.org/10.35229/jaes.1430375>
- Kumari, S., & Das, S. (2023). Bacterial enzymatic degradation of recalcitrant organic pollutants: Catabolic pathways and genetic regulations. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(33), 79676-79705. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-023-28130-7>
- Küçükkıralı, Z., & Afşar, K. E. (2022). Dijital finansallaşma kavrami çerçevesinde blok zincir teknolojisinin yeni finansal iş modelleri ve kripto para piyasaları. *İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 128. <https://doi.org/10.54282/inijoss.1065723>
- Larimer, D. (2013). Transactions as proof-of-stake, 3.

- Liu, B., Szalachowski, P., & Zhou, J. (2021, August). *A first look into defi oracles*. In 2021 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS). IEEE. <https://doi.org/10.1109/DAPPS52256.2021.00010>
- Martino, P. Bellavitis, C. & DaSilva, C. M. 2020. Cryptocurrencies and entrepreneurial finance. *The Economics of Cryptocurrencies*, 51–56. <https://dx.doi.org/10.4324/9780429200427>
- Maystruk, V., & Abdella, K. (2011). Modelling the effects of pollution on a population and a resource in a polluted environment. *International Scholarly Research Notices*, 1-2. <https://doi.org/10.5402/2011/643985>
- McNown R., Sam, C.Y. & Goh S.K. (2018). Bootstrapping the autoregressive distributed lag test for cointegration. *Appl Econ*, 50(13), 1509-1521.
- Meah, N. (2019). Climate uncertainty and policy making—what do policy makers want to know?. *Regional Environmental Change*, 19(6), 1617. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01492-w>
- Meegan, X. 2020. Identifying key non-financial risks in decentralised finance on ethereum blockchain.
- Meegan, X., & Koens, T. (2021). Lessons learned from decentralised finance (DeFi). *ING*, 5-6-12
- Mendi, A. F. (2021). Blokzincir uygulamaları ve gelecek öngörülleri. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 4(1), 78.
- Meraklı S. (2021). Merkezizetsiz Finans (Defi) faaliyetlerinin izinsiz bankacılık faaliyetinde bulunma suçu bakımından değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi*, 27(2), 1157-1158. <https://doi.org/10.33433/maruhad.996976>
- Miśkiewicz, R., Matan, K., & Karnowski, J. (2022). The role of crypto trading in the economy, renewable energy consumption and ecological degradation. *Energies*, 15(10), 1. <https://doi.org/10.3390/en15103805>
- Murray, A., Kim, D., & Combs, J. (2023). The promise of a decentralized internet: What is Web3 and how can firms prepare?. *Business Horizons*, 66(2), 2. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2022.06.002>
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized business review*.
- Nur, H., Şahin, G. (t, y.) Blockchain ve kripto paraların finans sektörüne etkileri ve enerji tüketimi.
- Oğuz, R., Kınacı, E., & Babacan, H. H. (2023). Kripto para cüzdanının (sıcak cüzdan) adli bilişim açısından incelenmesi. *Computer Science*, 8(2), 132-133. <https://doi.org/10.53070/bbd.1349208>

- Oral, B. G., & Yeşilkaya, Y. (2021). Kripto paraların vergilendirilmesi. *Turkuaz Uluslararası Sosyo-Ekonomik Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 84.
- Önder, S., & Gülgün, B. (2010). Gürültü kirliliği ve alınması gereken önlemler: Bitkisel gürültü perdeleri. *Ziraat Mühendisliği*, (355), 55.
- Öngel, V. (2022). Bitcoin, Ethereum fiyatları ve borsa endeksleri arasındaki doğrusal olmayan nedenselliğin incelenmesi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 23(2), 186. <https://doi.org/10.31671/doujournal.1124970>
- Özbek, Ö. (30 Eylül 2022). Shiba Inu'nun oyunu "Shiba Eternity" için sayılı günler kaldı. Investing. <https://tr.investing.com/news/cryptocurrency-news/shiba-inunun-oyunu-shiba-eternity-icin-sayl-gunler-kald-2358587>
- Özdemirel, T. (2021). Blokzincir ve akıllı sözleşmelerin finansal hizmetler üzerindeki etkisi. [Yüksek lisans tezi]. Bahçeşehir Üniversitesi.
- Özdoğan, B., & Turan, Z. (2022). Merkez Bankası dijital para birimlerine dijitalleşme ve merkeziyetsizlik çerçevesinden eleştirel bir bakış. *Para, Bankacılık ve Finans Tartışmaları*, 41-67-68.
- Özel, M., & Kılıç, S. (2006). Küresel bir sorun olarak iklim değişikliği ve iklim politikaları, *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi*, 139. <http://hdl.handle.net/20.500.11787/2016>
- Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 47-48.
- Parlar, T. (2022). Blokzincir teknolojisi ve merkeziyetsiz finans uygulamaları. *Journal of Politics Economy and Management*, 5(2), 166-167-169.
- Perron, P. (1990). Testing for a unit root in a time series with a changing mean. *Journal of Business & Economic Statistics*, 8(2), 153-162. <https://doi.org/10.1080/07350015.1990.10509786>
- Pesaran, M.H., Shin, Y. & Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *J Appl Econ*, 16(3), 289-326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- Picard, F. (2021). Decentralized finance and investor's protection: how this alternative financial system may have a place in Europe, 37.
- Pirinççi, A. E. (2018). Yeni dünya düzeninde sanal para Bitcoin'in değerlendirilmesi. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 1(1), 45-46.
- Pistunov, I. M., & Nikolaenko, A. O. (2023). The emergence of deflationary cryptocurrencies: a new era of digital assets, 486. <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/163543>

- Polat, Ö. Ü. A. (2022). FED politika kararı ve kripto para varlık getirileri: Olay çalışması analizi. İ. Merve Altan (Ed.). *Dijital Etkileşimler: Sektörel Yansımaları 1* içinde (11-23). İstanbul: Efe Akademi Yay.
- Popescu, A.D. (2020). Decentralized finance (defi)–the lego of finance. *Social Sciences and Education Research Review*, 7(1), 328.
- Rahardja, U., Aini, Q., Harahap, E. P., & Raihan, R. (2021). Good, bad and dark Bitcoin: a systematic literature review. *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 3(2), 116. <https://doi.org/10.34306/att.v3i2.175>
- Roeck, M., & Drennen, T. (2022). Life cycle assessment of behind-the-meter Bitcoin mining at US power plant. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(3), 355. <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02025-0>
- Saatçi, M., & Dumrul, Y. (2011). Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi: Çevresel kuznets eğrisinin Türk ekonomisi için yapısal kırılmali eş-bütünleşme yöntemiyle tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (37), 66.
- Saklan, A. (2023). Kripto paraların işleyiş sistemi ve vergilendirilmesi. *Sosyal, İnsan ve İdari Bilimlerde Yenilikçi Çalışmalar*, 940.
- Saleh, F. (2021). Blockchain without waste: Proof-of-stake. *The Review of Financial Studies*, 34(3), 10. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa075>
- Schär, F. (2021). Decentralized finance: On blockchain-and smart contract-based financial markets. *FRB of St. Louis Review*, 103(2), 160. <https://doi.org/10.20955/r.103.153-74>
- 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. <https://doi.org/10.32479/ijeep.9258>
- Schueffel, P. (2021). DeFi: Decentralized Finance-An Introduction and Overview. *Journal of Innovation Management*, 9(3), 6. https://doi.org/10.24840/2183-0606_009.003_0001
- Selçuk, M. (2019). Kripto para birimleri ve özellikleri; Bitcoin örneği. *Kripto Para Birimleri* içinde. İstanbul: Ensar Neşriyat Yay, 25.
- Selçuk, S. F. (2023). Uluslararası iklim değişikliği anlaşmaları ve Türkiye'nin tutumu. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 9-10.
- Sert, T. (2022). Sorularla defi (merkeziyetsiz finans). Tefrika Yay.
- Shah, K., Lathiya, D., Lukhi, N., Parmar, K., & Sanghvi, H. (2023). A systematic review of decentralized finance protocols. *International Journal of Intelligent Networks*, 4, 178-179. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2023.07.002>

- Shindell, D. T., Walter, B. P., & Faluvegi, G. (2004). Impacts of climate change on methane emissions from wetlands. *Geophysical Research Letters*, 31(21), 1. <https://doi.org/10.1029/2004GL021009>
- Sims, C. (1980), Macroeconomics and reality, *Econometrica*, 48, 1-49. <https://doi.org/10.2307/1912017>
- Smith, L. A., & Stern, N. (2011). Uncertainty in science and its role in climate policy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1956), 4818-4819. <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0149>
- Song, Y., Sun, J., Zheng, S., & Zou, W. (2022, Mart). *Whether Cryptocurrency is a Tool of Investment?*. In 2022 7th international conference on financial innovation and economic development (ICFIED 2022), Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220307.229>
- Sonnino, A., Król, M., Tasiopoulos, A. G., & Psaras, I. (2019). Asterisk: Auction-based shared economy resolution system for blockchain. 2. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.07824>
- Sorensen, Mette, (2014), “Combined effects of road traffic noise and ambient air pollution in relation to risk for stroke?.” *Environmental research*, 133, 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.05.011>
- Sökmen, A. G. (2022). Kripto paralar ve ekonomisi. Serpil Ağcakaya (Ed.). *Blockchain teknolojisi ve uygulamaları içinde*, Ankara: Nobel Akademik Yay.
- Sriman, B., Ganesh Kumar, S., & Shamili, P. (2021, September). *Blockchain technology: Consensus protocol proof of work and proof of stake*. In Intelligent Computing and Applications: Proceedings of ICICA 2019. Springer, Singapore.
- Stencel, A. (2023). What is a meme coin? Dogecoin to the moon! <https://hal.science/hal-04360574>
- Su, C. W., Song, Y., Chang, H. L., Zhang, W., & Qin, M. (2023). Could cryptocurrency policy uncertainty facilitate US carbon neutrality?. *Sustainability*, 15(9), 1. <https://doi.org/10.3390/su15097479>
- Sun, X., Stasinakis, C., & Sermpinis, G. (2022). Decentralization illusion in Decentralized Finance: Evidence from tokenized voting in MakerDAO polls, 5. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.16612>
- Sümer, G. (2021). Dünyada ve Türkiye’de blok zincir teknolojisinin gelişimi ve kripto paralar. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 194-195-196. <https://doi.org/10.17218/hititsbd.884250>
- Şahin, Ö. U. (2016). Kyoto protokolü ve kopenhag mutabakatının karşılaştırmalı analizi. *Journal of Awareness (JoA)*, 1(1), 7.

- Şenkardeş, C. G. (2021). Blockchain technology and NFT's: a review in music industry. *Journal of Management, Marketing and Logistics-JMML*, 8(3), 160. <http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2021.1454>
- Tekir, M., Kekeç, M., Güvenç, Ş., & Padır, M. A. (2023, Kasım). *Mobil cüzdanların hedef kitlesi üzerine bir inceleme*, Fenerbahçe Üniversitesi AR-GE ve İnovasyon Zirvesi, İstanbul, Türkiye.
- Tetik, N., & Öner, A. (2020). Ülkemiz girişimcileri için yeni bir yatırım desteği modeli: Initial Coin Offering (ICO). *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 3(1), 16. <https://doi.org/10.32951/mufider.635743>
- Tevetoğlu, M. (2021). Ethereum ve akıllı sözleşmeler. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 12(1), 196. <https://doi.org/10.21492/inuhfd.852860>
- Toda, H.Y., & T. Yamamoto (1995), Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
- Tursun, S., Alpcan, A., Şanlı, C., & Kabalcı, M. (2017). Karbonmonoksit zehirlenmesi. *Ortadoğu Tıp Dergisi*, 9(4), 203. <https://doi.org/10.21601/ortadogutipdergisi.361864>
- Türk, B., & Buyrukoğlu, S. (2024). Çevre sorunlarının önlenmesinde çevre vergilerinin rolü. *Vergi Raporu*, (294), 25.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., & Çetiner, G. (2000). Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. Turkish State Meteorological Service, 2.
- Türkmen, S. Y., & Durbilmez, S. E. (2019). Blockchain teknolojisi ve Türkiye finans sektöründeki durumu. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 32. <https://doi.org/10.29106/fesa.509254>
- Türkmener, T. (2021). *Küresel dünya parası bitcoin ve kripto paraların tarihsel gelişimi ve vergilendirilme süreci* [Yüksek lisans tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi. <http://hdl.handle.net/11607/4442>
- Türküm, A. S. (1998). *Çağdaş toplumda çevre sorunları ve çevre bilinci*. Çağdaş Yaşam Çağdaş İnsan. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi İlköğretim Öğretmenliği Lisans Tamamlama Programı, Eskişehir, 167.
- Uttara, S., Bhuvandas, N., & Aggarwal, V. (2012). Impacts of urbanization on environment. *International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences*, 2(2), 1639.
- Ünal, G., & Uluyol, Ç. (2020). Blok zinciri teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(2), 169.
- Vujičić, D., Jagodić, D., & Randić, S. (2018, March). *Blockchain technology, bitcoin, and Ethereum: A brief overview*. In 2018 17th international symposium infoteh-

- jahorina (infoteh), 5. IEEE, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. <https://doi.org/10.1109/INFOTEH.2018.8345547>
- 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. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4560096>
- Xu, J., & Feng, Y. (2022). Reap the harvest on blockchain: A survey of yield farming protocols. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 20(1), 14. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2022.3222815>
- Yağcılar, G. G., & Arslan, Z. (2023). Kripto varlık piyasasında sürü davranışı: Yatırımcı Elon Musk'ı izler mi?. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 7(2), 133. <https://doi.org/10.31200/makuubd.1280719>
- Yağmur, A., & Mangır, F. (2020). Bitcoin piyasasında rassal yürüyüş hipotezi. *Journal of Management and Economics Research*, 18(2), 163. <https://doi.org/10.11611/yead.735134>
- Yaman, K. (2021). *Kripto paralar, finansal piyasalar ile ilişkileri ve bitcoin örneği* [Yüksek lisans tezi]. Başkent Üniversitesi.
- Yapıcı, G., Can, G., & Şahin, Ü. (2002). Çocuklarda asemptomatik kurşun zehirlenmesi. *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, 33(3), 197.
- Yavuz, M. (2019). Ekonomide dijital dönüşüm: blockchain teknolojisi ve uygulama alanları üzerine bir inceleme. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 17. <https://doi.org/10.29106/fesa.498053>
- Yaylı, H., & Çelik, V. (2011). Çevre sorunlarının çözümü için radikal bir öneri: Derin ekoloji. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (26), 369.
- Yıldırım, M. (2019). Blok zincir teknolojisi, kripto paralar ve ülkelerin kripto paralara yaklaşımları. *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(20), 266-267.
- Yurdabak, M.K., Deniz, R.B. (2023). Web 3.0'da fırsatlar ve meydan okuma: Merkeziyetsiz internet işletmelere neler vad ediyor?. *Turkish Journal of Marketing Research*, 2(2), 165-167.
- Yılmaz, O. (2023). *Blockchain tabanlı akıllı kontratların dış ticarete etkileri* [Yüksek lisans tezi]. KTO Karatay Üniversitesi. <http://hdl.handle.net/20.500.12498/6004>
- Yılmaz, Y. (2021). Blokzincir teknolojisi ve kripto paraların finansal piyasalar üzerine muhtemel etkileri. *Turkish Business Journal*, 2(4), 5. <https://doi.org/10.51727/tbj.957037>
- Yilanci V., Bozoklu, S. & Gorus, M.S. (2020). Are BRICS countries pollution havens? Evidence from a bootstrap ARDL bounds testing approach with a Fourier function. *Sustain Cities Soc* 55, 2-6. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102035>

- Yücedağ, C., & Kaya, L. G. (2016). Hava kirleticilerin bitkilere etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 71.
- Yüksel, F. (2020). Kripto varlıklar ve IFRS kapsamında kripto paraların muhasebeleştirilmesi. *Journal of Accounting and Taxation Studies*, 13(2), 417. <https://doi.org/10.29067/muvu.653136>
- Zeren, F., & Esen S. (2018). Geleceğin para birimi ya da sadece bir balon: Bitcoin. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(39), 434. <https://doi.org/10.31795/baunsobed.437741>
- Zhao, Y., Kang, X., Li, T., Chu, C. K., & Wang, H. (2022). Toward trustworthy defi oracles: Past, present, and future. *IEEE Access*, 10, 60918-60916. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3179374>
- Zhang, R., & Chan, W. K. V. (2020). Evaluation of energy consumption in block-chains with proof of work and proof of stake. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1584(1), IOP Publishing, 1-6. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2020JPhCS1584a2023Z/doi:10.1088/1742-6596/1584/1/012023
- Zheng, M., Feng, G. F., Zhao, X., & Chang, C. P. (2023). The transaction behavior of cryptocurrency and electricity consumption. *Financial Innovation*, 9(1), 1-4-6. <https://doi.org/10.1186/s40854-023-00449-7>
- Zivot, E. and Andrews, D. W. K. (1992). Further evidence on the great crash, the OilPrice shock, and the Unit-Root hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251-270.
- Warmke, C. (2024). What is bitcoin. *Inquiry*, 67(1), 2. <https://doi.org/10.1080/0020174X.2020.1860123>
- Whitaker, A. (2019). Art and blockchain: A primer, history, and taxonomy of blockchain use cases in the arts. *Artivate*, 8(2), 25. <https://doi.org/10.1353/artv.2019.0008>
- Wintermute, M. (2020). Hegic: On-chain options trading protocol on ethereum powered by hedge contracts and liquidity pools. Technical Report, 3.
- Würsten, M., & Cachin, C. (2022). *Filecoin consensus* [Master thesis]. University of Ber

ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. Yalova Üniversitesi İktisat Bölümünden 2022 yılında mezun oldu. 2022 yılında Yalova Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Finansman Anabilim Dalı'nda başladığı tezli yüksek lisans eğitimi halen sürmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

Bilirir, M., & Zeren, F. (2024). The impact of energy consumption in crypto assets on crypto asset prices and carbon emissions: Case of Bitcoin and Ethereum. *Studii Financiare (Financial Studies)*, 28(1), 6-25.

DİĞER YAYIN VE ESERLER

Bilirir, M., & Önden, A. (2023). A Study on The Uses of Blockchain in International Trade. Adem Kara, Recai Bazancir (Ed.). *Pioneer and Contemporary Studies in Social, Human and Administrative Sciences* içinde (63-85). İzmir: Duvar Yay.

Akyol, G., Bilirir, M., & Zeren, F. (2023). Türkiye'de ihracat, döviz kuru, işsizlik ve ekonomik büyüme ilişkisi: Fouier Kantil nedensellik ve Fourier ADL eşbütünleşme testlerinden yeni kanıtlar. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(2), 298-309.

