SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA KRİPTO PARALAR VE ENERJİ PİYASALARI İLİŞKİSİ

Dilara GENÇ

Yüksek Lisans Tezi
Muhasebe ve Finansman AnaBilim Dalı
Doc. Dr. Muhammet ÖZCAN
2023

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MUHASEBE VE FİNANSMAN ANABİLİM DALI

Dilara GENÇ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA KRİPTO PARALAR VE ENERJİ PİYASALARI İLİŞKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
Doc. Dr. Muhammet ÖZCAN

ERZURUM- 2023

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Social Sciences

TEZ BEYAN FORMU

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Uygulama Esaslarının ilgili maddelerine göre hazırlamış olduğum **"SÜRDÜRÜLEBİİRLİK BAĞLAMINDA KRİPTO PARALAR VE ENERJİ PİYASALARI İLİŞKİSİ"** adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kâğıt ve elektronik kopyalarının aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Gereğini bilgilerinize arz ederim *.

☐ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

☒ Tezimin/Raporumun makale için **altı ay,** patent için **iki yıl** süreyle erişiminin ertelenmesini istiyorum.

08/05/2023

Dilara GENÇ

Aslı Islak İmzalıdır

---

* **LİSANSÜSTÜ TEZLERİN ELEKTRONİK ORTAMDA TOPLANMASI, DÜZENLENMESİ VE ERİŞİME AÇILMASINA İLİŞKİN YÖNERGE**

.....

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Çeşitli ve Son Hükümler

Lisansüstü tezlerin erişime açılmasının ertelenmesi MADDE 6– (1) Lisansüstü tezle ilgili **patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda**, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu **iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.**

(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz **makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış** ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile **altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.**

Gizlilik dereceli tezler MADDE 7– (1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Social Sciences

TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Doç. Dr. Muhammet ÖZCAN danışmanlığında, Dilara GENÇ tarafından hazırlanan bu çalışma 08/05/2023 tarihinde aşağıda isimleri yazılı jüri tarafından İşletme Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	: Doç. Dr. Muhammet ÖZCAN	İmza:	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi	: Doç. Dr. Ensar AĞIRMAN	İmza:	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi	: Doç. Dr. Durmuş YILDIRIM	İmza:	Aslı Islak İmzalıdır

Prof. Dr. Sait UYLAŞ
Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

İÇİNDEKİLER

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA KRİPTO PARALAR VE ENERJİ PİYASALARI İLİŞKİSİ

Dilara GENÇ

Tez Danışmanı: Doc. Dr. Muhammet ÖZCAN

2022, 162

Jüri: Doç. Dr. Muhammet ÖZCAN
Doç. Dr. Ensar AGIRMAN
Dr. Öğr. Durmuş YILDIRIM

2009 yılında ortaya çıkışıyla birlikte çeşitli alım satım işlemlerine konu olan Bitcoin yatırımcıların ilgisini çekmiştir. Bitcoin fiyatında ki artışlar, Bitcoine olan talebi artırmış ve daha fazla Bitcoin üretilmesine neden olmuştur. Yeni Bitcoinlerin üretilmesi enerji yoğun bir süreç olan madencilik yoluyla gerçekleşmektedir. Madenciler yeni Bitcoin'leri dolaşıma sokmak ve işlemleri doğrulamak için enerji kullanırken daha fazlamadencilik donanımına ve enerji kaynaklarına yatırım yaparlar. Bu durumun doğal bir sonucu olarak da madencilik sürecinde kullanılan enerji tüketiminin artması beklenmektedir. Madencilik için kullanılan enerji tüketiminin yüksek olması sürdürülebilirlik açısından sera gazı emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturan karbon emisyonlarının artmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Bu çerçevede önemli miktarda enerji tüketimine yol açan Bitcoin madenciliğinin karbon emisyonu ve sürdürülebilirlik endeksi üzerinde bir etkiye neden olup olmadığı araştırılmıştır.

Çalışmada bağımlı değişken Bitcoin fiyatı (BTC) ve bağımsız değişkenler olarak Emisyon (CO_2) düzeyi ile Sürdürülebilirlik endeksine (MSCI) ait 01.01.2018 – 01.01.2023 zaman aralığını kapsayan aylık verilerden yararlanılmıştır. Çalışmada, ARDL Sınır Testi uygulanmıştır. Elde edilen ARDL (1, 0, 2) modelinin uzun ve kısa dönem bulgularına göre: Uzun dönemde MSCI değişkeni ile Bitcoin fiyatı arasında %5 anlamlılık düzeyinde negatif yönlü bir ilişki saptanırken, Emisyon (CO_2) değişkeni ile Bitcoin fiyatı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kısa dönemde ise Emisyon (CO_2) ve MSCI değişkenleri ile Bitcoin fiyatı arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. MSCI endeksi ile Bitcoin fiyatı arasındaki uzun dönemli negatif ilişki sürdürülebilirlik bağlamında hangi ülke borsasına veya hangi hisse senedine yatırım yapılıp yapılmayacağı konusunda yatırımcıların yatırım kararlarına etki etmesi ile birlikte kripto varlık piyasasının sürdürülebilmesi ve madencilik faaliyetlerinin devam etmesi için çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımı, donanım iyileştirmeleri, madencilik merkezi yer seçimi ve bu yönde ülkelerin destekleyici bazı yaptırımlar uygulaması hem enerji piyasaları açısından hem de çevresel etkiler açısından daha anlamlı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kripto para, Bitcoin, Blockchain, Çevre, Enerji tüketimi, Sera Gazı Emisyonu, Sürdürülebilirlik, Enerji Piyasaları, MSCI

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE RELATIONSHIP BETWEEN CRYPTOCURRENCIES AND ENERGY MERKETS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABILITY

Dilara GENÇ

Advisor: Assist. Prof. Dr.Muhammet ÖZCAN

2022,162 Pages

Advisor: Assoc. Prof. Dr.Muhammet ÖZCAN
Assoc. Prof. Dr. Ensar AĞIRMAN
Assist. Prof. Dr. Durmuş YILDIRIM

Bitcoin, which has been the subject of various commercial transactions since its emergence in 2009,has attracted the interest of investors. Increases in the price of Bitcoin have increased the demand for it and caused more bitcoins to be produced. The production of new Bitcoins takes place through mining, which is an energy-intensive process. Miners invest in more mining hardware and energy resources while using energy to put new Bitcoins into circulation and verify transactions. As a natural result of this situation, it is expected that the energy consumption used in the mining process will increase. It is thought that the high energy consumption used for mining may lead to an increase in carbon emissions, which account for a large part of greenhouse gas emissions in terms of sustainability. In this context, it has been investigated whether Bitcoin mining, which causes significant energy consumption, has an effect on greenhouse gas emissions and the sustainability index.

In the study, monthly data covering the time range of 01.01.2018 – 01.01.2023 of Bitcoin price (BTC) is treated as a dependent variable, while Emission level and Sustainability index (MSCI) are determined as independent variables. In the study, the ARDL Limit Test was applied. According to the long- and short-term findings of the obtained ARDL (1, 0, 2) model, In the long term, a negative relationship was found between the MSCI variable and the Bitcoin price at the 5% significance level, while no significant relationship was found between the Emission variable and the Bitcoin price.In the short term, it was concluded that there was no significant relationship between Emission and MSCI variables and Bitcoin price. The long-term negative relationship between the MSCI index and the Bitcoin price affects investors' investment decisions about which country's stock exchange or which stock to investin in the context of sustainability, as well as decoupling the crypto asset market and the use of environmentally friendly energy sources to continue mining activities and hardware improvements. It is thought that the choice of mining center location and the application of some supportive sanctions by countries in this direction will be more meaningful both from the point of view of energy markets and environmental impacts.

Keywords: Crypto Money, Bitcoin, Blockchain, Environment, Energy Consumption, Carbon Emission, Sustainability,Energy Markets, MSCI

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD : Amerika Birleşik Devletler
ADA : Cordano
ADF : Augmented Dickey–Fuller birim kök testi
AIC : Akaike Bilgi Kriteri
AML : Kara Para Aklamayı Önleme
App : Mobil Uygulama
ARDL : Auto- Regresive Distributed Lag.
ASIC : Özel Tümleşik Devreler
BCH : Bitcoin Cash
BIS : Uluslararası Ödemeler Bankası
BSV : Bitcoin Satoshi Vision
BT : IT veya BilgiSistemleri
BTC : Bitcoin
CBECI : Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi
CBOE : Chicago Board Options Exchange
CM : Mutabakat(Konsensüs) Mekanizması
CO2 : Karbondioksit
CPMI : Ödeme ve Piyasa Altyapıları Komitesi Kurumu
CPU : Standart Merkezî İşlem Birimleri
Dapps : Merkezi Olmayan Uygulamalar
DDos : Dağıtılmış Ağ Saldırıları
DLT : Dağıtık Defter Teknolojisi
DNS : Domain Name System
DOT : Polkador
EBA : Avrupa Bankacılık Otoritesi
ECB : Avrupa Merkez Bankası
EHT : Ethreum
FATF : Kara Paranın Aklanmasının Önlenmesine İlişkin Mali Çalışma Grubu
FPGA : Sahada Programlanabilir Geçit Dizisi
GHG : Sera Gazı

GPU **:** Grafik İşlem Birimleri

H **:** Hash

ICO **:** Kripto Paraların İlk Halka Arzı (Initial Coin Offering)

ID **:** Kullanıcı Numarası

IoT **:** Nesnelerin İnterneti

IP **:** Internet Protocol Address

IPCC **:** İklim Değişikliği Paneli

İGE **:**İnsani Gelişme Endeksi

J.B **:** Jargue Berra Testi

LUNA **:** Terra

M.Ö **:** Milattan Önce

MB **:** Megabayt

MG **:** Mikro Şebeke

Mh **:** Megahash

MSCI **:** Sürdürülebilirlik Endeksi

P2P **:** Eşler Arası Ağ

pBFT **:** Bizans Hata Toleransı (Practical Byzantine Fault Tolerance)

PoS **:** Proof of Stake (Pay Kanıtı)

PoW **:** Proof of Work (İş Kanıtı)

PP **:** Phillips–Perron Testi

RPoW **:** Yeniden Kullanılabilir İş İspatı

RSA **:** Asimetrik Şifreleme Algoritması

SHA **:** Kriptografik Özetleme Fonksiyonu (Secure Hash Algorithm)

SOL **:** Solana

TH **:** Terahash

TWh **:** Terawatt-saat

USDC **:** Usd Coin

USDT **:** Tether

TABLOLAR DİZİNİ

ŞEKİLLER DİZİNİ

GRAFİKLER DİZİNİ

ÖNSÖZ

Bu çalışmaya başlamadan önce ilk literatür taraması yaptığım tarihlerde dünya genelinde yayınlanmış akademik çalışmaların sayısı ile bu satırları yazdığım şu anda mevcut olan akademik çalışma sayısı arasında dikkate değer bir fark bulunmaktadır. Bu durum, teknolojinin ve beraberinde getirdiği dijitalleşmenin, küresel bir popülariteden ziyade kullanım alanlarının hızla arttığı köklü değişimleri göstermektedir. Tez konusu belirlerken ilgi alanımı göz önünde bulundurarak karar verdiğim bu tez konusunda bana lisansüstü eğitim sürecimde ve bu tez çalışmasının hazırlanması sürecinde değerli görüşleri ve bilgi birikimiyle beni yönlendiren, bana destek olan ve tecrübelerini benimle paylaşan sayın hocam ve tez danışmanım Sayın Doç.Dr. Muhammet ÖZCAN'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez çalışmamı destekleyen Atatürk Üniversitesi BAP Koordinasyon Birim'ne de teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde ve çalışma sürecim boyunca maddi/manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, canım annem Melek GENÇ'e, babam Osman Şadi GENÇ'e, ablam Seda Nur GENÇ'e sonsuz teşekkür ederim.

Beni her zaman yüreklendiren, iyi ve kötü her anımda yanımda olan ve her zaman iyi ki varsınız dediğim canım arkadaşlarım Feyza Nur Gülşahin'e, Handan Uğuz'a ve Gülşen Nasır'e teşekkür ederim.

Erzurum- 2023 **Dilara GENÇ**

GİRİŞ

Para evrimsel yolculuğu boyunca insanı takip etmiştir. İnsanlığın gelişimi ile parada gelişim ve değişim içerisinde olarak farklı form ve yapılara bürünmüştür. Para tamamen insan ihtiyacının bir ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Tarihte ilk toplumlarda insanların mal ve hizmet ihtiyaçlarını karşılamak için takas yöntemini kullanıyorlardı, Lidyalıların parayı keşfetmesi üzerine takas ekonomisi yerini parasal ekonomiye bırakmıştır. Paranın keşfinden önceki dönemlerde insanların para yerine birçok materyali özellikle tuz, deniz kabukları, kurutulmuş kumaş parçası, balık, tütün, şeker, pirinç, at ve tahılı para amacıyla kullandığı bilinmektedir. Geçmişten günümüze kadar para tarih boyunca çeşitli şekillerde kullanılsa da amacının hep "mübadele, değer saklama ve hesap birimi olma" olduğunu görmekteyiz.

Paranın kullanılması insanlara ihtiyaçlarını karşılamada ve ticaret yapmalarında büyük kolaylıklar sağlamıştır. Paranın keşfi ile para yerine kullanılan çeşitli materyaller yerini değerli madenlere bırakmış ve daha sonraları ise madeni ve kâğıt paralara bırakmıştır. Paranın evrimsel değişikliğinin en önemli nedeni ise insanların ve teknolojinin sürekli bir değişim ve yenilik içinde olmasıdır. Günümüzde bu teknolojik değişimin zirve yaptığı ve paranın farklı bir form ve biçimlerinin ortaya çıktığını görüyoruz.

21.yüzyılın ilk çeyreğine geldiğimizde ortaya çıkan kripto paralar, paranın evriminin geldiği son nokta olarak adlandırılabilinir. Kripto paralar 20 yüzyılın sonlarına doğru teknolojik gelişmelerin sonucu olarak ortaya çıkan dijital paranın bir alt türünü oluşturmaktadır. Aynı zamanda kripto paralar yeni bir ekonomik ve finansal sisteminde doğuşuna neden olmaktadır.

Kripto paralar 31 Ekim 2008 tarihinde Satoshi Nakamoto adlı kişi veya bir grup tarafından ortaya çıkarılan"Bitcoin (BTC)" ile hayatımıza girmiş oldu. Kripto paralar, bir merkezden diğer bir merkeze aktarılabilir nitelikte olan ve güvenlikleri kriptolojik metotlarla sağlanan, herhangi bir fiziksel (somut) varlıkları olmayan, merkezi bulunmayan, hiçbir otorite tarafından kontrol edilmeyen, hızlı, az maliyetli, güvenli para transferine imkân sağlayan elektronik ortamlarda işlem gören bir para çeşididir. Bilinen ilk kripto para olan Bitcoin, Satoshi Nakamoto kişi veya bir grup tarafından çıkarılan "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" makalesinde teknik olarak kripto

paraların altyapısını oluşturan herhangi bir otoriteye bağlı olmayan, blockchain teknolojisine dayanan bir sistem ele alınmaktadır. Blok zincir sisteminde yapılan işlemler kalıcı, tarihlere göre sıralanmış, herhangi bir merkeze bağlı değildir. Blok zincir, işlem yapan kişi veya kurumların kimliklerinin belli olmadığı ve yapılan işlemlerin silinmediği bir sistemdir. Bitcoin ortaya çıkışından bu yana hızlı fiyat hareketleri, oluşturduğu volatilite ve spekülatif yapısı nedeniyle türevi olan kripto paralar arasında en çok ilgi çekeni ve kripto para sektörüne hakim olması nedeniyle birçok yatırımcının ilgisini çekmiştir.

Bitcoin fiyatında meydana gelen fiyat hareketliliği, Bitcoin'e olan talebin artmasına neden olurken bu durum daha fazla Bitcoin üretilmesine yol açmıştır. Bitcoin üretimi madencilik süreci ile gerçekleşmektedir ve enerji yoğun bir süreçtir. Madenciler yeni Bitcoin'leri dolaşıma sokmak ve işlemleri doğrulamak için enerji kullanırlar. Bitcoin fiyatı arttıkça, madencilerin gelirleri de artar, bu da daha fazla insanı madenciliğe başlamaya teşvik eder ve daha fazla madencilik donanımına ve enerji kaynaklarına yatırım yapmalarına neden olur. Bu durumun doğal bir sonucu olarak da madencilik sürecinde kullanılan enerji tüketiminin artması beklenmektedir Madencilik işlemlerinin enerji kaynaklı olması, madencilik işlemleri sırasında meydana gelen enerji tüketimi sürdürülebilirlik açısından sera gazı emisyonlarının artmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Bu çerçevede önemli miktarda enerji tüketimine yol açtığı düşünülen Bitcoin madenciliğinin sera gazı emisyonları ve sürdürülebilirlik endeksi üzerinde bir etkiye neden olup olmadığıaraştırılmıştır.

Bu çalışmanın amacı Bitcoin madenciliği sonucunda kullanılan enerji tüketiminin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesidir. Çalışmada; Bitcoin, Emisyon düzeyi ve Sürdürülebilirlik endekslerine (MSCI) ait aylık verilerin karşılıklı ilişkisi saptanmaya çalışılmıştır. Bitcoin fiyatıyla Emisyon düzeyi ve Sürdürülebilirlik endeksi(MSCI)arasındaki ilişki 61 adet gözlem içeren ekonometrik bir zaman serisi oluşturularak analiz edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, paranın tanımı ve tarihsel sürecinden bahsedildikten sonra, para çeşitleri detaylı bir şekilde ele alınacak ve devamında sırasıyla kripto para nedir, tanımı, özellikleri, tarihsel gelişimi, avantajları ve dezavantajlarına değinilecektir. Sonrasında kripto para aktörleri açıklanıp

akabinde Bitcoin, altcoinler, meteverse ve tokenler üzerinde durulacaktır. Bu bölümün amacı, uygulamaya konu teşkil eden kripto varlıklar ve temel bazı konular hakkında bilgi verilmesidir.

İkinci bölümde, “blok zincir” kavramı anlatılmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak blok zincir kavramının tarihçesi, terminolojisi, temel kavramları ve işleyiş mekanizmasından bahsedilecektir. Devamında blok zincir teknolojisi anlatılırken, dağıtık defter teknolojisi ve akıllı sözleşmelerden bahsedilip, son olarak da blok zincir türleri, blok zincirin evrimsel dönüşümü, avantaj ve dezavantaları ele alınıp bu bölüm bitirilecektir.

Üçüncü bölüm iseson konumuz ve tezin de ana konusu olan kripto para madenciliğinin enerji tüketimi ve enerji piyasaları ile ilişkisini ele alınmış. Ama öncelikli olarak kripto para nasıl üretilir yani madencilik (mining) kavramı üzerinde durulup konunun devamında ise enerji tüketiminin çevresel boyutları açıklanmaya çalışılmıştır.

Dördüncü bölüm de, ilk olarak literatür özetine yer verilmiştir. Daha sonra sırasıyla çalışmanın amacı ve kapsamı, çalışmanın önemi ve literatüre katkısı açıklanarak, uygulamada kullanılan veri ve değişkenler hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, çalışmada izlenen yöntem aşamalarıyla detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

PARA VE PARA ÇEŞİTLERİ

Bu bölümde, paranın tanımı ve tarihsel sürecinden bahsedildikten sonra, para çeşitleri detaylı bir şekilde ele alınacak ve devamında sırasıyla kripto para nedir, tanımı, özellikleri, tarihsel gelişimi, avantajları ve dezavantajlarına değinilecektir. Sonrasında kripto para aktörleri açıklanıp akabinde Bitcoin, altcoinler, metaverse ve tokenler üzerinde durulacaktır.

Bu bölümün amacı, uygulamaya konu teşkil eden kripto varlıklar ve temel bazı konular hakkında bilgi vermektir.

1.1. PARANIN TANIMI VE TARİHÇESİ

Yüzyıllar boyunca, insanların ihtiyaçlarını gidermek veya toplum içinde yaşayabilmek için oluşturdukları çeşitli göstergeler vardır. Bu göstergelerden en dikkat çekeni alışverişi için ilk olarak takasa daha sonrada paraya duyulan ihtiyaçtır (Keş ve Turgut, 2015: 33).

İnsanlık tarihinin en önemli buluşlarından biri olan "para" mal ve hizmetlerin elde edilmesi için kullanılan bir olgudur (Canbaz ve Berkun, 2021:100). Paranın tarihi uygarlık tarihi kadar eskilere dayanır (Şenbayram, 2019: 74). Günümüz Dünyasında ekonomik yaşamın vazgeçilmezi olan ve finansal sisteminde temeli olarak bilinen para, tarih boyunca çeşitli değişliklere uğramış ve farklı zamanlarda farklı işlevleri yerine getirerek çeşitli şekillerde ifade edilmiştir(Bakır, 2021: 8). Para, bir toplumda tüm insanlar için ortak değer ölçüsü ve değişim vasıtası olarak görülen bir nesne şeklinde ifade edilebileceği gibi, devletler tarafından bastırılan, üzerinde nominal değeri olan kâğıt veya metalden oluşan bir ödeme aracı veya borç ödemede toplumun kabul ettiği bir şey veya mal şeklinde de ifade edilebilir (Alkış,2018: 70).

Devletlerin egemenlik ve özgürlüklerinin temsilcisi olan para, Türkçeye küçük parça anlamına gelen Farsça "pare" kelimesinden; Lira ise Latince terazi anlamına gelen "libre" kelimesinden geçmiştir (Şenbayram,2019: 74). İngiltere'de money, Fransa'da argent, Almanya'da geld, İtalya'da soldi gibi terimlerle ifade edilmiştir. Para tüm toplumlar tarafından kabul gören, bölünebilen, taşınabilen, dayanıklı, kolay taklit

edilemeyen ve zaman içerisinde değerini koruyabilen bir araçtır (Keş ve Turgut, 2015: 33).

Paranın değerli madenler şeklinde kullanımının, 2 bin 500 yıl önceye, Lidyalılara kadar uzandığı bilinmektedir (Keş ve Turgut, 2015: 33). İlk ortaya çıkan madeni para M.Ö. 600'lü yıllara kadar dayanmaktaydı. Dönemin Lidya Kralı olan Alyattes'in emriyle basılmış ilk madeni para olan elektron sikkeler gümüş ile altın karışımı bir alaşımdı (Bakır,2019: 10). Ancak paranın farklı değer ve formlarda kullanımı daha eskiye dayandığı bilinmekte ve madeni paraların kullanımına kadar geçen süre boyunca çeşitli türdeki nesneler para yerine kullanılmıştır (Usta, 2018: 1). Paranın keşfinden önce toplumlarda kurutulmuş kumaş parçası, balık, tütün, deniz kabuğu, şeker, pirinç, tuz, at ve tahıl değişim aracı yani para yerine kullanılmıştır (Keş ve Turgut, 2015: 33).

Sikke mal ve hizmetlerin takası esnasında harcanan zaman ve değer kaybını ortadan kaldıran ilk para birimi olmuştur. Sikke, Türkçeye Arapçadan geçmiş bir sözcük olup, gündelik hayatta alışverişte ve ticarette ödeme aracı olarak kullanılan, değeri devlet otoriteleri tarafından belirlenen resim ve yazılarla garanti edilmiş, belli bir biçimi olan madeni parçadır. Sikkelerin kullanımıyla işlem maliyetleri düşmüş, ekonomide etkinlik arttırılmıştır. Sikkelerin çok büyük miktarda olması onların saklanması ve taşınması esnasında güvenlik sorunlarını ortaya çıkarmıştır bundan dolayı, insanlar büyük miktara ulaşan alışverişlerinde üzerinde yazılar olan ve değer ifade eden, günümüzde ki senetlere benzer kâğıtlar kullanmaya başlamışlardır. Bu senetler daha sonra keşfedilecek olan kâğıt paranın ilk şeklini oluşturmaktadır (Keş ve Turgut, 2015: 33).

En basit ticari ilişkiden en karmaşık olanına kadar her türlü alım-satım işlemlerinin yapılabilmesi için kullanılan "para" bugüne kadar gelmiş bir mübadele aracıdır (Kesebir ve Günceler, 2018: 607). Bugün her devletin değerini kendisinin belirlediği kendine ait bir para birimi bulunmakta ve bu para birimini günlük yaşamda bir mübadele aracı olarak kullanmaktadır. Ticari ilişkilerin sürdürülmesinde, mal ve hizmetlerin takasında her ülkede devletlerin yasal olarak belirlemiş olduğu bir para birimi bu işlemleri gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Dünya üzerinde bulunan bir ülkenin para biriminin diğer ülkelerin para birimlerine karşılık bir değişim değeri bulunmaktadır. Örneğin bir ülkede başka bir ülkenin para biriminin kullanımı geçerli

olmasa bile, başka bir ülkede benzeri mal ve hizmetleri satın almada para birimleri birbirleri arasında döviz piyasası kurallarınca belirlenen karşılık oranlarına bağlı olarak kullanılabilir (Bayrak, 2019: 4).

20. yy. da finansal teknoloji ve internetin sunduğu olanaklar, paranın sanal ortamda mal ve hizmet alım-satımı başta olmak üzere, para transferi ile gerçekleştirilebilecek her türlü işlemi mümkün kılmıştır. Finansal teknolojide meydana gelen daha ileri uygulamalar mevcut paranın sanal ortama taşınmasının ötesinde farklı para formlarının da tartışılmasını gündeme getirmiştir (Gökpınar, 2021: 212). Teknolojik gelişmeler sayesinde ortaya çıkan alternatif yöntemler tüm ülkelerin ortak bir para birimine sahip olması hayaline yaklaşmasını sağlamıştır. Bu hayalin ilk adımlarından birinin kripto paralar olduğu söylenebilir. İnternet kullanımının artması ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte herhangi bir otoriteye bağlı olmayan, anonim, kişiler arasındaki alışverişi sağlayan elektronik paraların ortaya çıkması kaçınılmaz olmuştur. Ve ilk kripto para olan Bitcoin 2008 yılında Satoshi Nakamoto adlı kişi veya kişilerce dünyaya duyurulmuştur (Koçoğlu, Çevik ve Tanrıöven, 2016: 78).

Dünya da çok fazla çeşit ve isimde para birimi bulunmaktadır. Şimdiye kadar olan değişim süreci temelde paraya olan ulaşım ve dağıtımla alakalıdır. Yüzyıllar boyunca aslında para hep aynı fonksiyonu yerine getirmiştir bugün tek fark ise paraya ulaşım kolaylığı ve dağıtım yollarının çeşitliliği paraya ulaşmamızı daha kolay bir hale getirmiştir. Eskiden taşınabilir bir varlık olan parasal değerler şimdi sadece banka kartları veya mobil uygulamalarla kolaylıkla ulaşılabilir hale gelmiştir. Aynı zamanda paranın bugün dünyanın bir ucundan başka bir ucuna elektronik bir şekilde gönderimi mümkün hale gelmiştir (Bakır, 2019: 12).

1.2. PARANIN ÖZELLİKLERİ VE FONKSİYONLARI

Bir nesneye para diyebilmemiz için şu beş özelliği bulundurması gerekir;(Öztürk ve Koç, 2006: 210, 211):

- **Taşınabilirlik:** Paranın taşınmasını ve çeşitli ödeme noktalarına gönderimini sağlar.
- **Dayanıklılık:** Para amacıyla kullanılacak nesnenin fiziksel olarak sağlam olması gerekmektedir.

- **Bölünebilirlik:** Para, her türde ki alışverişi yapabilecek şekilde değişik miktarlara bölünebilir olmalıdır.
- **Homojenlik:** Para amacıyla kullanılacak ödeme araçlarının homojen olması gerekir.
- **Taklit Edilememe:** Para herkes tarafından kolaylıkla üretilebilir olmamalıdır, yoksa sahte para kullanımı artar.

Paranın ekonomilerde deniz kabuğu, kaya, altın veya kâğıt formunda olması hiçbir şeyi değiştirmemekle birlikte üç ana fonksiyona sahiptir. Bunlar değişim (mübadele) aracı, hesap birimi ve değer saklama aracı olmasıdır (Doğan,2021:5).

1.2.1. Paranın Değişim (Mübadele) Aracı Olma Fonksiyonu

Paranın keşfinden önceki zamanlarda insanlar ticari işlemlerini takas sistemine dayalı gerçekleştiriyorlardı. Takas sisteminin oluşturduğu bu güçlük ekonominin önünde devasa bir engeli gözler önüne seriyordu. Zira işlem yapan iki taraf arasında mal ve hizmetlerin karşılıklı kabul edilmesi gerekmektedir. Ama bu durum ticarette karşılıklı talepte bulunabilecek iki kişiyi bulmanın zorluğu ve zaman kaybına sebep oluyordu. İşte paranın icadıyla insanlar ellerinde bulunan mal ve hizmetleri paraya dönüştürerek, gereksinimleri olan mal ve hizmeti kolaylıkla elde edebilir hale geldi. Paranın değişim (mübadele) aracı olma fonksiyonu, takas ekonomisinin oluşturduğu en büyük sorunlardan biri olan arz ve talebin birbiri ile anlaşamama nedenini ortadan kaldırarak değişim işlemini kolay bir hale getirmiştir (Bakır, 2021: 13)

Sonuç olarak para, mal ve hizmetlerin taraflar arasında karşılıklı anlaşmasına bakılmaksızın, tüm işlemlerde herkes tarafından benimsenen bir mübadele aracı oldu ve düşük kabul edilme ihtimalini ortadan kaldırdı (Doğan, 2021: 5).

1.2.2. Hesap Birimi Olma Fonksiyonu

Takas sisteminde, malların birbirleri karşısındaki kıymetinin hesaplanması oldukça zordur. Takasa konu olan malların çeşitliliği artıkça bu durum daha da zorlaşmaktadır (Bakır, 2021: 13).Yani birbirleri arasında direkt sayısal bağ kurmanın zor olduğu somut ve soyut varlıklar da paradan bir hesap ölçüsü olarak yararlanır(Usta, 2018:10,11).

1.2.3. Değer Saklama Aracı Olma Fonksiyonu

Paranın değer saklama aracı olma fonksiyonu; gelirin elde edilmesi ile harcanması arasındaki süre boyunca satın alma gücünü korumaktır. İnsanlar gelir elde ettiklerinde bunu anında harcama eğiliminde olmazlar ve gelirlerini ihtiyaçları oluştukça harcama davranışındadırlar (Şıklar, 2004:7). İşte burada insanlar ürettikleri sonucunda elde ettikleri maddi değeri arzu ettikleri sürece saklayabilir, biriktirebilir ve farklı bir zamanda harcayabilir. Bu durum paranın, satın alma gücünün biriktirilebilmesine veya tasarrufların saklanmasına yardımcı olur (Bakır, 2021: 14).

1.3.PARANIN ÇEŞİTLERİ

1.3.1. Mal (Emtia) Para

Mal para, temelinde tüketime konu olan malların para amacıyla kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır. Altın, gümüş, buğday, tuz, hayvan, vb. mal paralardır. Bu mallar parasal bir amaç için kullanılabileceği gibi tüketim amacıyla da kullanılabilir (Şahin, 2016: 6).

1.3.2.Temsili Para

Temsili paralar, nominal değeriyle reel değerinin farklı olduğu paralardır. Temsili paraların kendi değerleri üzerinde yazılan değerlerin çok aşağısındadır. Temsili paralar tarihe göre sırayla; altın ve gümüş sertifikaları, banknot, kâğıt para ve madeni paralardan oluşur. Temsili paralar altın ve gümüş gibi değerli madenlerin para yerine saklanması ve biriktirilmesinin zorluğundan dolayı ortaya çıkmıştır. Temsili paralar bir ödeme aracıdır ve üzerinde yazan miktar karşılığında, altın ve gümüş ödeneceğini gösterir. İngiltere'de tacirler altın'a karşılık "Goldsmitnotes" adı verilen senetler kullanmışlardır. Gerektiğinde altına çevrilebilen bu senetleri ödeme işlemlerinde ve ticarette kullanmışlardır. Bu durum sonraları bankaların da araya girmesiyle banknotların meydana gelmesine sebep olmuştur (Evlimoğlu ve Gümüş, 2018: 170).

1.3.3.İtibari (Fiat) Para

İtibari (fiat) para değerini fiziksel bir üründen değil onu tedavüle koyan devletten alır ve gerçek değeri olmayan bir para birimidir (Doğan,2021: 7). Başka bir tanıma göre ise, değerli madenlere dayalı para çeşitlerinin ve mal paraların gerçek bir değeri olmasına karşın itibari paraların gerçek bir değeri yoktur, değerini ilgili devletin itibarından ve yasal gücünden alır. İtibari paralar yalnızca devlet tekelinde basılır ve o devletin yasal düzenlemeleriyle dolaşıma sürülür. Üzerinde yazılı olan değeri temsil eden bu paralar aynı zamanda onları dolaşıma süren devletin garantisi altındadır (Bakır,2021: 15).

1.3.4.Dijital Para

Dijital paralar, internet ağları sayesinde dijital olarak tutulabilen ve kullanılabilen paralardır (Bakır, 2021: 15). Dijital para kavramı 1983 yılında David Chaum'ın çalışmasıyla ortaya çıkmıştır ve ilk örneği 1996 yılında kurulmuş olan E–altın sistemidir (Doğan, 2021:8).Yasal bir sorun oluşmadığı sürece dijital paralar ile yer ve konum fark etmeksizin dünyanın her yerine para gönderilebilir ve alanabilir (Laçin, 2019: 12). Tüm parasal işlemler için kullanılan dijital paraların yaygın bir şekilde tercih edilmesi, kamu ve özel bankaların rolünü azaltmıştır. Bunun asıl nedeni de dijital para için hiçbir faiz ödenmemesidir. Ama diğer alternatif ödeme yöntemleri için faiz ödemesi yapılmasıdır (Kirkby, 2018: 534,535). Dijital para olarak kabul edilen bir diğer araçta kredi kartlarıdır. İlk çıktığı zamanlar kredi kartlarının tamamı kişiye özel olmuştur ve günümüzdeki teknolojik gelişmelere paralel olarak kullanım açısından nakit parayı arkasında bırakmıştır(Sarıkaya, 2020: 9). Ayrıca nakit para taşımanın maliyeti, dijital para kullanma maliyetinden daha fazla olması dijital para kullanımını artırmıştır (Kirkby, 2018:534-535). Dijital para çeşitleri; elektronik para, sanal para ve kripto paradır (Bakır, 2021,15).

1.3.4.1.Elektronik Para (E-para)

Elektronik para; ödeme noktası terminalleri (POS cihazları) vasıtasıyla ve iki cihaz arasında doğrudan veya internete açık bilgisayar ağları üzerinden ödemelerin yapılması için saklanmış "değer" ve "önceden ödeme" sistemidir (Yüksel,2015:184). E-

para esasında bir ödeme veya bir fon transferidir. Elektronik para, teknolojik gelişmelerle birlikte manyetik bantlı kartlara alternatif olarak meydana getirilmiş ve üstünde mikro işlemciler taşıyan bütün plastik kartlara verilmiş yaygın bir isimdir (Öztürk ve Koç, 2006: 212). E-para: Dolar, Euro, TL gibi yasal tedavülü olan paralardır (Laçin, 2019: 12). Elektronik para bir çip veya bilgisayar hafızası içine yüklenebilir ve internetten ürün satın almak için kullanılabilir (Sarıkaya, 2020: 9)

Kart tabanlı oluşturulan elektronik para uygulamasında parasal değer elektronik para kartları üzerinde gizlenir. Boyutu kredi kartlarıyla aynı olan bu cihazlar akıllı kart (smard card) teknolojisi sayesinde çalışır. Değer yüklemeli kart (stored value card) veya elektronik cüzdan (electronic purse, e-purse) olarak da bilinirler. Ağ tabanlı elektronik para ise, ağa bağlı bir bilgisayara yüklenen, yazılım yoluyla bilgisayarın hafızasında belirli bir tutarla sınırlı olarak saklanan ve nakit, kredi, çek veya kredi mektubu gibi araçlarda karşılığı olan sanal paradır (Öztürk ve Koç, 2006: 214,217).

1.3.4.2.Sanal Para

Dijital paranın bir türü olan bu para çeşidinin temsil ettiği bir fiziksel gerçeklik bulunmamaktadır. Sanal para haricindeki diğer dijital para türleri ise itibari kâğıt paraları simgeler (Çarkacıoğlu, 2016: 7).İtibari para birimi ile hiçbir ilişkisi bulunmayan, merkez bankası veya herhangi bir devlet otoritesi tarafından ihraç edilmeyen, elektronik ortamda depolanan, belli başlı kişiler veya şirketler tarafından belli başlı mal ve hizmetleri satın almada kullanılan ve ihraç edilen spesifik bir sanal ortam parasıdır. Sanal paralar genellikle internet ağları sayesinde sanal ortamda oynanan video oyunlarında oyun için gerekli olan ürünlerin alınabilmesi için oyun firması tarafından üretilen ve yalnızca o sanal ortamda geçerli olan dijital paralardır (Evlimoğlu ve Gümüş, 2018: 172).

Elektronik para ile sanal para arasında bazı farklar bulunmaktadır. Bu farklar “Tablo 1.1–Elektronik Para ve Sanal Para Arasındaki Farklılıklar” da açıklanmıştır.

Tablo 1.1. Elektronik Para ve Sanal Para Arasındaki Farklılıklar

	Elektronik Para	**Sanal Para**
Para Biçimi	Sayısal	Sayısal
Hesap Birimi	Yasal statüye sahip geleneksel para birimi (Avro, euro, pound vb.)	Yasal statüye sahip olmayan icat para birimi (Bitcoin, linden doları vb.)
Kabul	İhraç eden dışındakiteşebbüsler	Sanal topluluklar
Hukuki durum	Denetimli	Denetimsiz
İhraç eden	Yasal olarak kurulan elektronik para kurumu	Finansal olmayan özel şirket
Para arzı	Sabit	Sabit Değil (Veren kuruluşun kararına bağlıdır)
Parayı kullanma imkânı	Garantili	Garantili değil
Denetleme	Evet	Hayır
Risk türleri	Esas olarak operasyonel	Yasal, kredi, likidite ve operasyonel

Kaynak: Virtual CurrencySchemes (October 2012) kaynağından alınmıştır.

1.3.4.3.Kripto Para (Şifreli-Para)

Kripto paralar, bir merkezden diğer bir merkeze aktarılabilir nitelikte olan ve güvenlikleri kriptolojik metotlarla sağlanan, herhangi bir fiziksel(somut) varlığıolmayan, merkezi bulunmayan, hiçbir otorite tarafından kontrol altında tutulmayan, hızlı, az maliyetli, güvenli bir para transferine imkân sağlayan elektronik ortamlarda işlem gören bir para çeşididir (Evlimoğlu ve Gümüş, 2018: 172); (Şahin, 2018: 899, 900).

1.4.KRİPTO PARA

1.4.1. Kriptoloji ve Kriptografi

Enformasyon ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi beraberinde bazı sorunların meydana gelmesine neden olmuştur. Elektronik ortamlarda yapılan işlemlerin güvenli bir şekilde yürütülememesi, sanal ortamda işlem yapan kişilerin karşılaştıkları dolandırıcılık, bilgi ve kimlik hırsızlıkları teknolojiye olan güvenin sarsılmasına neden olmuştur. Bu sorunlarla başa çıkabilmek için ortaya çıkan kriptoloji, elektronik ortamlarda yapılan işlemlerde güvenliğin sağlanması bakımından devrim niteliğinde

olan ve bilgiye ulaşmada kullanan kişi dışındaki erişimi engellemektedir (Güleç, Çevik ve Bahadır, 2018: 19).

Kriptoloji, Yunanca krypto's (saklı) ve lo'gos (kelime) sözcüklerinin bir araya getirilmesiyle meydana gelmiştir (Yerlikaya, Buluş ve Buluş,2006:9). Brassard (1988) kriptolojiyi, güvensiz kanallar üzerinden güvenli iletişim sanatı ve bilimi olarak ifade etmiştir. Kriptolojide veriler (rakam, yazı ya da şifreli bir mesaj) bir sistem çerçevesinde şifrelenenir ve şifrelenen veriler güvenlik temelli bir ortam aracılığıyla iletilir,iletilen şifrelerin tekrar çözülmesi sonucunda verilerin tekrar ortaya çıkma sürecinden oluşmaktadır. Temelde kriptoloji, bir şifreleme bilimi olarak tanımlanmaktadır. Sayın (2017) araştırmasında kriptolojinin üç temel görevi olduğunu belirtmiş ve onları şöyle sıralamıştır; veri güvenliğinin sağlanması, veri bütünlüğünün sağlanması ve kimlik denetiminin yapılmasıdır (Güleç, Çevik ve Bahadır, 2018: 19).

Kriptoloji'nin bir alt dalı olan kriptografi ise Yunaca eski bir sözcük olan ve yazı anlamına da gelen "graphien" sözcüğünden oluşmuştur. Kriptografi (cryptography) verilerin (yazıların) şifrelenmesi anlamına gelmektedir (Usta ve Doğantekin, 2019: 21). Kısaca şifreleme bilimi olarak ifade edilebilir. Şifreleme ise herhangi bir veri topluluğunu belli bir kural yapısından faydalanılarak gelişigüzel gibi görünen bir veri topluluğuna çevirmektir. Gelişigüzel gibi görünen bu veri topluluğu, sadece şifreleme yapılırken kullanılan anahtarı(şifreyi) ellerinde bulunduran kişiler tarafından orijinal ve anlamlı hale geri getirilebilir. Anahtarı (şifreyi) elinde bulundurmayanlar için ise herhangi bir anlamlı birşey ifade etmez. Bu sayede şifrelenmiş bir veri nerede ve nasıl depolanırsa depolansın, yalnızca anahtarı elinde bulunduran kişi için anlamlı kalmaya devam edecektir (İncetaş ve Sağıroğlu, 2015: 29,30).

Tarihte bilinen ilk şifreleme metotlarından biri olan M.Ö. 60-50 yıllarına dayanan "Sezar Şifreleme Yöntemi" alfabedeki harflerin belirlenen bir şekilde birkaç harf kaydırılmasıyla yapılıyordu. Dönemin Roma İmparatoru Julius Ceaser savaşta generalleriyle iletişim kurarken gönderdiği mesaj düşman askerlerinin eline geçse bile mesajın anlamsız olabilmesi için her harf kendinden birkaç sıra sonra gelen harf ile değiş tokuş ediliyordu. Günümüzde ise buna benzer ama daha karmaşık birçok kriptografik şifreleme metodu bulunmaktadır (Bakır, 2021: 25).

1.4.2.Kripto Paranın Ortaya Çıkışı ve Tarihsel Gelişimi

Para, tarih boyunca değişik şekil ve formlarda olmuş, teknolojiye ve yeni şartlara bağlı olarak da sürekli olarak değişen, farklı formlara bürünen bir nesne olarak karşımıza çıkmaktadır. Paranın keşfinden önce ticarette takas ekonomisi hâkimdi ve insanlar kendilerine ait olan mal ve eşyaları takas etmekteydi. İlk başlarda para yerine kullanılan hayvan, gıda ürünleri, deniz kabuğu gibi eşyalar zamanla yerini altın, gümüş gibi değerli madenlere bırakmıştır. Değerli madenlerle devam eden sürecin ardından yaşanan teknolojik ve sosyal gelişmeler yerini metal ve kâğıt paraya bırakmıştır (Güleç, Çevik ve Bahadır,2018: 21).

Ancak insanların yaşanan bazı olaylar karşısında araştırmaya ve keşfetmeye başlaması yeni teknolojik gelişmeleride beraberin de getirmiş ve yeni ödeme yöntemleri ortaya çıkmasına neden olmuştur. Örneğin 1980'li yıllarda Avrupa'da hırsızlığı engellemek için benzin istasyonlarında ödemelerin akıllı kartlarla yapılmaya başlanması elektronik ödemenin ilk örneğinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yine aynı yıllarda Avrupalı esnaflardan bazıları müşteri hesaplarını kullanarak direkt olarak ödeme yapabilmek amacıyla bankaları baskı altında koymaları sonucunda Point Of Sales Terminal (POS) araçları kullanılmaya başlanmıştır. Ve böylece yaşanan olaylar ve internetin sunduğu fırsatlar sayesinde elektronik bankacılık işlemleri ortaya çıkmıştır. İlk zamanlar bankalar arasında karşılıklı kullanılan bu teknolojiler, kart ve internet ortamına taşınarak insanların elektronik ortamda kolaylıkla ödeme yapmalarına imkân sağlamıştır (Deniz, 2020: 14).

Amerikalı şifreleme uzmanı David Chaum 1983'te şifreli elektronik parayı geliştirmiştir. Şifreli elektronik para, merkezi bir şekilde yönetilen kriptografik(şifreli) elektronik ödeme yöntemidir (Altay, 2017: 34). İlk olarak Amerika'da ortaya çıkan ve kullanıcılarına gizlilik sağlayan elektronik ödeme sistemi DigiCash olmuştur. Bu sistem para transfer işlemlerinin gizli ve güvenilir bir yolla yapılmasını sağlamıştır (Pirinççi, 2018: 47).Aynı zamanda DigiCash'ta bankada var olan paraları eCash'a dönüştürerek bilgisayarlara indirilebilmekte ve ardından bilgisayara indirilen bu paralar eCash ile ödeme kabul eden alışverişlerde kullanılmaktadır (Çakmak, 2019: 14).DigiCash'ı kuran firma 1998 yılında iflas etmiştir ve ardından elektronik ödeme sistemi olarak First Visual ve PayPal ortaya çıkmıştır. PayPal sistemi Rusya'da kripto para olarak

kullanılmakta ve dijital para olarak reel para birimine bağlı olup, devletin yasal yükümlülüklerine tabiidir. Dijital para işlemleri, merkezi bir otoriteye, güçe ve programa bağımlı ya da bağımsız olabilir. Bir Amerikan firması tarafından 1990'ların sonlarına doğru Karayip banka sisteminde, fiziki altın karşılığında elektronik altın hesabı açmıştır ve müşterilerine fırsat sunarak altın kredisi vermiştir (e-gold). Açılan bu sistem kısa sürede farklı yollara sapmış ve dolandırıcıların, kara para aklayıcılarının merkezi haline gelmesi ile dikkatleri üzerine çekmiştir. Aynı zamanda Liberty Reserve Doları/Eurosu da 2006 yılında kurulmuş bir dijital para sistemi olup, kara para aklama yüzünden faaliyetlerine son verilmiştir (Pirinççi, 2018: 47).

Kripto para hakkında yapılan araştırmaları 1983 yılında Nick Szabo tarafından yapılan araştırmalara kadar götürebiliriz. Nick Szabo bit gold'u ortaya çıkaran ve akıllı kontratlar terimini 1993 yılında ortaya atan ilk kişidir. BitGold'lar bilgisayarlar sayesinde üretilebilecek olması nedeniyle değerli madenlere görece üretim ve transfer maliyeti açısından üstünlük sağlayacak biçimde kurgulanmıştırlar. BitGold'lar arzu edildiği kadar küçük miktaralara bölünülebilecek ve günlük yapılan alışverişlerde kullanılabilecektir. BitGold'ların arzı sınırsızdır (Çakmak, 2019: 14).

1998 yılına gelindiğinde ise Wei Dai bir makalesinde, bir elektronik para sistemi olan "b money"i tanıtmıştır (Deniz, 2020: 15). B Money, sahibinin kim olduğu bilinmeyen ve takip edilemeyen, sınırsız para arzı ön gören bir alışveriş aracı olarak düşünülmüştür. Ancak reel yaşama uygulanamamış bir makale olarak kalmıştır. Wei Dai aynı zamanda "Crypto ++" kütüphanesinin geliştiricisi olarak bilinen bir bilgisayar mühendisidir. Satoshi Nakamoto ile bağlantı kuran son kişilerden birisidir. Dünyanın en çok kullanılan e-posta şifreleme yazılımı ise Phıl Zimmerman'ın geliştirdiği Pretty Good Privacydır (Çakmak, 2019: 14,15). Tüm bu para sistemleri temelinde aslında Kripto paraların oluşması için bir zemin hazırlığıdır.

2008 yılının yarısına gelindiğinde ise Amerikan yatırım bankası olan Lehman Brothers'ın iflası, ABD'nin en önemli bankası Merrill Lynch'in Bank of America tarafından çok cüzi bir meblağ üzerinden satın alınması ve Amerikan piyasalarının hareketlenmesi için iyileştirme politikalarının uygulamaya sürülmesi gibi alışılmışın dışındaki politikalar, Bitcoin ve blockchain yapısının temellerinin inşa edilmesine sebep

olmuştur. Bunlara ek olarak ABD merkezli emlak piyasasındaki Mortgage (ipotek) krizi de bu dönemde patlak vermiştir (Doğan, 2021:10).

2008 yılında meydana gelen bu olaylar sonucunda ülke borsaları çökerken, kredi derecelendirme kuruluşları saygınlıklarını kaybetmiş, finans kuruluşları ve firmalar batmanın eşiğine gelirken küresel çaptaki bu finans krizi, dünya finans sisteminde büyük değişikliklere neden olmuştur. Böylece insanların finans sistemine olan bakış açıları değişmiş ve bankalara olan güven azalmıştır (Dilek, 2018: 10). Bu gelişmelerin ardından 2008 in sonlarına doğru Satoshi Nakamoto adlı bir kişi veya grup tarafından "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" (Uçtan Uca Elektronik Para Sistemi) makalesinin "Cypherpunk Mail" isimli bir e-posta adresinde bulunan kişilere gönderilmesiyle Bitcoin ortaya çıkmıştır (Demirhan, 2019: 37). Bitcoin finansal sistemin başarısızlığına ve dolar, euro gibi baskın para birimlerine alternatif olarak ortaya sunulmuştur (Dilek, 2018: 10).

Satoshi Nakamoto bir kişi veya bir grup tarafından çıkarılan "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" isimli makalesinde teknik olarak kripto paraların altyapısını ve onu oluşturan blockchain (blok zincir) teknolojisininin nasıl geliştirildiğini ve işlediğini anlatmaktadır (Dilek, 2018: 10).Blok zincir sisteminde yapılan işlemler kalıcı, tarihlere göre sıralanmış, herhangi bir merkeze bağlı değildir. Blok zincir, işlem yapan kişi veya kurumların kimliklerinin belli olmadığı ve yapılan işlemlerin silinmediği bir sistemdir. Kısaca bir Bitcoin tanımı yapacak olursak; Bitcoin, herhangi bir otoriteye bağlı olmayan, blok zincir sistemine dayanan, eşler arası bir ödeme ağıdır. Bitcoin blok zincir teknolojısıne sahip olmasına karşın Bitcoin oluşturma işlemi oldukça değişiktir. Blok zincir sistemindeki işlemler madencilik sonucunda ortaya çıkmaktadır ve madencilik aşaması bir matematik problemi üzerinden yapılmaktadır. Madencilerin matematik problemini en kısa sürede, hızlı bir şekilde çözüp ağa göndermesi ile Bitcoin yani kripto para birimi meydana gelmektedir (Doğan, 2021: 2).

3 Ocak 2009'da Bitcoin'in kayıt defteri olarak adlandırılan blok zincire Satoshi Nakamoto tarafından ilk kayıt yapılmıştır. Yapılan kayıt işlemi veya ilk blok "Genesis Block" olarak isimlendirilmiş ve madenciliğin başlanğıç noktası olmuştur. Satoshi Nakamoto adlı kişi veya grup tarafından ilk Bitcoin yanı kripto para gönderimi, bu

sistemin gelişimine katkıda bulunan Hal Finney'e gönderilerek gerçekleştirilmiştir (Demirhan, 2018: 37).Ocak 2009 tarihinden bu zamana kadar değişik protokollere sahip ama aynı esaslarla çalışan bir sürü kripto para birimi ortaya çıktı. Kripto para birimleri arasında ilk olarak ortaya çıkan ve mevcut piyasa değerinin büyük bir kısmını elinde bulunduran ise Bitcoin olmuştur (Sembolü ₿, kısaltması: BTC) (Uysal, 2019: 5). Kripto para piyasasında Bitcoin'in haricinde bu güne kadar 6000'den fazla kripto para birimi ortaya çıkmıştır. Bu kripto paralara Bitcoin alternatifleri ya da altcoinler denilmektedir (Doğan, 2021: 3); (Bloomberg HT).Paranın zaman içinde farklı form ve yapılarda olması finansal piyasalarında gelişmesini sağlamıştır. Kripto paralar farklı finansal ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmuş ve yatırımcılara alternatif bir yatırım ve tasarruf aracı olmuşlardır (Erbaş ve Yıldırım, 2021: 316).

1.4.3.Kripto Paranın Tanımı

Ekonomiye dayalı bütün işlemler güven (itimat) ilkesine dayanır. Bireyler veya şirketlerin yaptıkları ticari işlemlerde en temelde güven ilkesi yer alır ve ticari işlemlerin sürekliliğinin sağlanabilmesi için alıcı ve satıcı haricinde, taraflar arasında güven ilkesini sağlayacak üçüncü bir aracıya ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde yüz yüze nakit işlemleri haricinde her türlü ekonomik işlemde üçüncü bir taraf bulunmaktadır. Bu üçüncü taraf; çevrimiçi alışveriş yaparken kullandığımız kredi kartının ait olduğu bir banka, borsada işlem yapmamızı sağlayan bir aracı kurum veyahutsa mülk alım ve satımını yapmamızı sağlayan ve mülk hakkını koruyan bir devlet olabilir. Bu aracılar, taraflar arasındaki işlemleri denetleyip, kayıt ederek belirsizliği azalttığından ve birbirlerine güvenmek için bir sebebi olmayan bu kişilerin ya da kurumların işlemlerinin gerçekleşmesini sağlayan taraflardır. İşte bu aracı kuruluşlar geleneksel olarak finansal piyasaların güven ilkesine dayalı ve etkin bir şekilde çalışmasını sağlarken aynı zamanda devlet tarafından da bu finansal piyasaları düzenleyici ve denetleyici kuruluşlar kurularak piyasaların etkin bir şekilde çalışması için gerekli olan güven, istikrar, doğruluk ve gizliliğin sağlanması amaçlanmıştır (Yavuz, 2019: 16).

Ama aracılık işlemlerinin maliyetli oluşu ve finansal işlemlere karşı ortaya çıkan siber güvenlik sorunları ve hacklenme gibi olaylar insanlar için finansal sisteme olan güven sorununu da beraberinde getirmiştir. İnsanların finansal aracılara olan güveninin

sarsılmasının en önemli göstergesi olan olay ise 2008 küresel finans krizi olmuştur (Yavuz, 2019: 16). Bu olaylardan hemen sonra 2008'ın ekim ayının sonlarına doğru Satoshi Nakamoto isimli bir kişi veya bir topluluk tarafından "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" isimli bir makale yayınlanmış. Bu makalede ilk defa Nakamoto tarafından kripto paralar hakkında bilgiler verilmiştir (Nakamoto, 2008: 1). Ve bu makale sayesinde ortaya çıkan Bitcoin, kripto para efsanesinin ortaya çıkmasındaki en büyük etkenlerden biri olmuştur (Alsancak, 2020: 11).

Kripto para (cryptocurrency) , "crypto" ile "currency" kelimelerinin birleşimiyle oluşan şifreli para anlamına gelmektedir (Eren, Erek ve Akbaba, 2020: 1342). Kripto paralar, blokzincir olarak isimlendirilen kriptografi temelli bir yapı oluşturularak kullanılan, fiziksel varlıkları bulunmayan, herhangi bir merkezi olmayan, hiçbir hükümet tarafından kontrol edilmeyen, taraflar arası hızlı, az maliyetli ve güven temelli para transferine olanak sağlayan dijital paralardır (Özkul ve Baş, 2020: 58). Başka bir tanıma göre ise kripto para, itibarı para birimlerinin yerini alma gücüne sahip, teknoloji temelli varlıkların yeni bir safhasını temsil etmektedir (Rubbaniy, Tee vb, 2021: 1). Kripto para en sade haliyle elektronik paranın eşler arası bir versiyonu olup çevrimiçi ödemelerin herhangi bir kurum iznine tabi olmadan direkt olarak bir taraftan diğer bir tarafa gönderilmesine olanak sağlar ve ağ, kriptografi kullanarak yapılan işlemleri zaman damgası ile damgalar (Lee ve Chuen, 2015: 9).

Avrupa Merkez Bankası (ECB) tarafından 2012 yılında yapılan tanımlama ise "Genellikle geliştiricileri tarafından çıkarılan ve kontrol edilen ve belirli bir sanal topluluğun üyeleri arasında kullanılan ve kabul edilen kanunlarla düzenlenmemiş dijital para" olarak tanımlanmıştır (Virtual Currency Schames", Almanya: European Central Bank,2012: 5).

Avrupa Bankacılığı Otoritesi (EBA) tarafından 2014 yılında "Merkez bankası veya kamu otoritesi tarafından ihraç edilmeyen, bir para birimine bağlı olmayan ama gerçek ve tüzel kişiler tarafından bir değişim aracı olarak kabul edilen bir dijital değerin temsilidir" şeklinde tanımlanmıştır ("EBA Opinion on Virtual Currencies", London: European Banking Authority, 2014: 11). Haziran 2014 de ise Mali Eylem Görev Gücü (FAFT) tarafından kripto para şu şekilde tanımlanmıştır; Kriptografi tarafından korunan matematik tabanlı, merkezi olmayan bir sanal para birimini ifade eder. Merkezi bir

otoritenin gözetimi ve denetimi altında olmayan açık kaynaklı, matematik tabanlı eşler arası, bir kişiden (birey ve kuruluş) diğerine değer aktarılırken kriptografik olarak imzalanan ve kripto para defterlerinin güvenliği, bütünlüğü ve dengesi, rastgele dağıtılmış bir ücret elde etme fırsatı karşılığında ağı koruyan karşılıklı güvenilmez taraflardan oluşan bir ağ ile sağlanır ("Virtual Currencies - Key Definitions and Potential AML/CFT Risks",Paris: Financial Action Task Force (FATF),2016: 4). Uluslararası Ödemeler Bankasına (BIS) bağlı olan Ödeme ve Piyasa Altyapıları Komitesi (CPMI) kurumu tarafından 2015'de kripto paralar dijital para olarak ele alınmış ve kripto paralar bazı parasal özelliklere sahip, herhangi bir para birimine bağlı olmayan, bir tüzel kişiliğin sorumluluğunda bulunmayan ve herhangi bir otorite tarafından desteklenmeyen, genellikle yerleşik bir dağıtılmış defter aracılığıyla aktarılan paralardır ("Digital Currencies", Committee on Payment and Market Infrastructures (CPMI),2015: 1).

Yapılan tanımlardan anlaşılacağı üzere kripto paralar birer dijital para olarak kabul edilen herhangi bir merkeze bağlı olmadan, hükümetlerin var olan sistemlerine bir alternatif olarak ortaya çıkan eşler arası (P2P) transfere olanak sağlayan, kriptografiye dayalı olduğu için güvenilir ve özel para olabilme niteliğine sahip olan bir varlıktır (Shaban, 2019: 23).

1.4.4.Kripto Para Özellikleri

Kripto paralar; Dolar, Euro ve altın gibi somut bir karşılığı olmayan, herhangi bir merkezi bulunmayan, hiçbir hükümet tarafından kontrol edilmeyen, kriptografi (şifreleme) bilimi ile kendi kontrolünü ve güvenliğini sağlayan dijital paralardır (Günay ve Kargı, 2018: 63). Bu tanımdan hareketle kripto paraya özgü nitelikleri şöyle sıralayabiliriz:

- **Herhangi bir otorite ya da merkeze bağlı olmaması;** Kripto paralar, eşten-eşe ödeme yöntemiyle çalışan ve hiçbir finansal kuruma ihtiyaç duymadan para transferi yapabilen, aynı zamanda herhangi bir kurum ya da hükümet tarafından arz edilmeyen açık kaynak koda sahip dijital paralardır. Bu sistemde merkezi bir otorite olmamasından dolayı sistemin kontrolü "Blok-Zincir (BlockChain)" adı verilen bir veri tabanı sayesinde yapılmaktadır

(Özdemir,2021:293). Blok zinciri, yapılan tüm işlemlerin kayıt altına alındığı bir veri dosyası olarak ifade edebiliriz (Özdemir, 2021: 293).Blok zincir teknolojisiyle yapılan işlemlerin değiştirilmesi ve geri alınması ise oldukça zordur (Günay ve Kargı, 2018: 64).

- **Kripto para dijital niteliktedir;** Kripto para ileri teknolojiye sahip bilgisayar algoritmalarıyla şifreleme yapılarak kullanılan ve yüksek işlemci gücüne sahip kripto para madenciliği yapılarak üretilen fiziksel olmayan sanal ortamlardaki dijital paralardır (Karaçalı, 2019: 22).
- **Kripto para fiyatları değişkenlik gösterme eğilimindedir;** Geleneksel para birimlerinin değeri onları basan ve üreten devletler tarafından belirlenirken, Kripto paralar herhangi bir otorite ve merkeze bağlı olmamaları, yeni ortaya çıkması ve kullanmak için belli bir seviyede teknoloji bilgisine sahip olunması gerektiği için yaygın kullanılmaması bu dijital paraların spekülasyonlara açık bir hale getirmiştir ve bu da Kripto para fiyatlarında dalgalanmalara neden olmaktadır (Karaçalı, 2019: 22).
- **Kullanımın anonim olması;** Kripto para sisteminin temelini oluşturan blok zincir teknolojisi, kullanıcıların kimlik bilgilerinin güvenli bir şekilde korunmasına olanak sağlar. Kullanıcıya ait kimlik bilgilerini ya da kullanıcıyı tanımlayabilecek bir ayrıntıyı blok zincir teknolojisine kayıt etmeden işlemleri anonim olarak gerçekleştirir. Bu anonimlik, kullanıcı gizliliği ve mahremiyeti için bir önlem olabilir (Hameed ve Farooq, 2016: 426).
- Kripto paralar sistemin kuruluş aşamasında belirlenen oranda üretilirler ve dolaşıma sunulan kripto para miktarı, arz şekli ve zamanlaması da yine kripto paraların kuruluş aşamasında belirlenir (Dizkırıcı ve Gökgöz, 2018: 94).
- Birçok kripto para sisteminde toplamda dolaşımdaki kripto para miktarının sabitlenmesi için kripto para üretimi zaman içinde azalmaktadır (Dizkırıcı ve Gökgöz, 2018: 94).
- Kripto para sisteminde üçüncü bir taraf/aracı yoktur, güven gereksizdir. Güvenlik, hesap defterlerinin doğruluğu ve bütünlüğü, karşılıklı birbirine güvenmeyen madenciler aracılığıyla gerçekleşir. Sistem güvenilir bir yapıya sahipken taraflar birbirine güvenmez (Dizkırıcı ve Gökgöz, 2018: 94).

- Kripto paralar haricindeki diğer dijital ve sanal paralar temsil ettikleri ülkenin para birimine bağlı olup kendilerine özgü bir para birimleri yoktur. Kripto paraların ise kendilerine özgü bir para birimleri vardır ve herhangi bir ülkeyi temsil etmezler. Aynı zamanda diğer dijital paraların değeri temsil ettikleri ülkenin yasal otoriteleri tarafından garanti edilmişken, kripto paralarda ise paranın değeri garanti edilmemiştir (Kızıl, Hanişoğlu ve Aslan, 2019: 28).
- Sınırlı sayıda işlemde kullanılır ve kullanımının kabul edilmeme olasılığı vardır (Karaçalı, 2019: 22).
- Fiziksel bir varlık özelliği taşımayan kripto paralar çok küçük birimlere ayrılabilirler (Karaçalı, 2019: 22).
- Kripto paraların bir kamu veya özel kuruluş tarafından sigortalanma ihtimali oldukça düşüktür (Deniz, 2020: 18).
- Kripto paraların değeri, piyasada anlık oluşan arz ve talep şartlarına göre belirlenir. Kripto paralar herhangi bir ülkede oluşan ekonomik sorunlardan etkilememekle beraber kripto para hesaplarına el konulamaz ve bu hesaplar dondurulamaz (Cengiz, 2018: 90).

1.4.5.Kripto Para Birimlerinin Parasal Fonksiyonları

Bir varlığın "para" olarak adlandırılabilmesi için paranın taşıdığı bazı temel özelliklere sahip olması gerekir (Agan ve Aydın, 2018: 5). Bunlar;

- **Değişim Aracı Olma Fonksiyonu:** Günlük hayatta insan ihtiyaçları sonsuzdur. İnsanlar bu ihtiyaçlarını gidermek için paraya gereksinim duyarlar. Yalnızca insanlar değil aynı zamanda ekonomik birimler de ihtiyaçlarını gidermek için paraya gereksinim duyarlar. Para aynı zamanda borçların ödenmesi için kullanılan zorunlu bir araçtır. Bu yönüyle para, mal ve hizmet alıp satmada, borçların ödenmesinde genel kabul görmüş bir değişim aracı olmuştur. Paranın ihtiyaçların karşılanması amacıyla taraflar arası transferinin ana amacı, parayı alan tarafa bir satın alma gücü sağlamasıdır. Bir dijital paranın yani kripto paraların satın alma gücünü sağlayabilmesi dijital para türünün paranın değişim aracı olma fonksiyonunu ne derece sağladığıyla ilişkilidir. Bu fonksiyon dijital paraların ekonomik birimlerce ne derece kabul edilip kullanıldığıyla alakalıdır. Dijital nitelikteki kripto paraların alış-verişlerde kullanılabilmesi için gerekli teknolojik altyapının sağlanması bu para çeşitlerinin kullanıldığı tüm ekonomik

birimlerde oluşturulması değişim aracı olma fonksiyonunu hızlandıracaktır. Bu tarz ekonomik gelişmeler sonucunda yapılan işlemlerin daha hızlı, kolay ve pratik yapılmasına olanak sağlaması bu tür para birimlerinin halk tarafından kabul edilmesini ve benimsenmesini kolaylaştırır (Evlimoğlu ve Gümüş, 2018: 177).

- **Hesap Birimi Olma Fonksiyonu:** Hesap birimi olarak paranın bu fonksiyonu mal ve hizmetlerin değerinin para ile ölçülmesini sağlar. Aynı zamanda mal ve hizmetleri standart bir hale getirir ve bu mal ve hizmetlerin birbirine göre nispi değerinin belirlenmesine yardımcı olur (Atik, Köse ve Yılmaz, 2021:159). Paranın bu fonksiyonu ekonomik ölçümler yapmamızı ve muhasebe kaydı tutmamızı daha basit bir hale getirir. Bir para çeşidinin hesap birimi olma fonksiyonunu sağlayabilmesi için gerekli koşul o paranın kullanıldığı çevrede genel kabul görmüş olmasıdır. Zaman içinde bulunduğu çevrede kabul görmeyen para çeşitleri hesap birimi olma fonksiyonunu yitirmiştir. Ve günümüzde ortaya çıkan dijital para birimlerinin yani kripto paraların hesap birimi olma fonksiyonunu ne derecede sağlayabileceği, değişim aracı olma fonksiyonunu sağlayabilmesiyle paralellik gösterir. Çünkü kripto paraların değişim aracı olarak ekonomik birimlerce kabul görmesi; mal ve hizmetlerin fiyatlarının kripto para cinsinden ifade edilmesini sağlar ve bu da değer ölçüsü ve hesap birimi olma fonksiyonlarını yerine getirdiği anlamına gelir (Evlimoğlu ve Gümüş,2018: 177).

- **Değer Saklama (Servet Biriktirme) Fonksiyonu:** Değer saklama fonksiyonu şöyle tanımlanabilir; İnsanlar gelir elde ettiklerinde bu gelirin tamamını o anda harcama eğiliminde olmazlar ve gelirlerinin bir kısmını veya tamamını farklı bir zamanda kullanmak için saklarlar. Ya da gelirin kazanıldığı tarih ile harcandığı tarih arasında satın alma gücünün muhafaza edilmesi şeklinde de ifade edilebilir. Zamanla paranın değer saklama fonksiyonunu yerine getirebilecek para yerine para gibi kullanılabilecek çeşitli varlıklar ortaya çıkmıştır. Mesela; ev, arsa, mücevher, tahvil, hisse senedi vb türdeki değerli şeylerde değer saklama ve servet biriktirme için kullanılabilir. Ama bu tür varlıkların para kadar likit bir niteliğe sahip olduğunu söyleyemeyiz. Yani istenildiği anda hızlıca para gibi anında kullanılamazlar. Likiditesi en yüksek olan varlık paradır ve kullanılmak için başka bir varlığa dönüştürülmesine gerek yoktur. Ama az önce bahsettiğimiz varlıkların para olarak kullanılması için öncelikle paraya dönüştürülmesi gerekir ve bu da çeşitli işlem maliyetlerini ortaya çıkarır, bunun doğal bir sonucu olarakta insanlar ellerinde para tutmaya daha istekli bir hale gelir. Ancak para en likit

varlık olmasına rağmen enflasyon paranın satın alma gücünde azalmaya sebep olur (Atik, Köse ve Yılmaz, 2021: 159). Paranın servet biriktirme fonksiyonunu yerine getirebilmesi için değerini muhafaza edebilmesi gerekir. Eğer para değerini muhafaza edemiyorsa onun yerine farklı yatırım araçlarına insanlar yönelecektir.

Ortaya çıkan dijital paraların değer saklama ve servet biriktirme fonksiyonunu yerine getirebilmesi için bu para birimlerinin değerinin istikrarlı olmasına ve zaman içinde değerini muhafaza etmesine bağlıdır. Kripto para birimlerinin değerindeki ani değişmeler bu fonksiyonu yerine getirmelerini zorlaştırır (Evlimoğlu ve Gümüş, 2018: 177). Kısa sürede değerinde aşırı oynaklık gösteren kripto paralar daha durağan bir değer alması ve volatilitesinin kısa ve orta vadede düşük seyir etmesi bu tür para birimlerinin şuan da gerçekleştirmesi güç görünen vadeli işlemlerde ödeme aracı olarak kullanılabilmelerine imkan sağlayabilir. Aynı zamanda paranın eşleniği olacak varlığın değer biriktirme aracı olarak kullanılabilmesi için para yerine gelecek eşleniğinin arzının taraflarca isteğe bağlı olarak değiştirilememesi gerekir. Nitekim kripto paralarda bu durum oldukça başarılıdır. Kripto paralar ilk ortaya çıktığında para arzının maksimum noktası ve piyasada belli bir zamanda ne kadar kripto para var olacağı belirlenebilmektedir (Ağan ve Aydın, 2018: 5,6).

1.4.6.Kripto Paraların Avantajları ve Dezavantajları

Kripto paraların en önemli özelliği, sınırlı sayıda arz edilmesi, herhangi bir otoriteye bağlı olmaması, dijital algoritmik yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmesi ve enflasyonu engelleyici bir güç olmasıdır. Kripto paraların zamanla geleneksel ödeme sistemlerinin yerini alacağı ve hatta para sistemlerinde yeni bir çağ başlatacağı öngörülüyor. Hollanda merkez bankasının yapmış olduğu bir araştırma da online alışverişi tercih eden firmaların bünyelerinde %2 oranında kripto para bulundurdukları saptanmıştır. Bu oran çok az gözükse de yakın zamanda firmaların çoğu işlemlerinde kripto para birimlerini kullanacağının sinyalini vermektedir. Şirketler faaliyetlerini yerine getirirken, tüketicilerde alışveriş yaparken kripto para kullanma yönündeki eğilimleri artmasına rağmen henüz yeterli bilgiye sahip değillerdir. Şuan kripto para hesabı açan tüketicilerin bir çoğu alışveriş yapmaktan çok geleceğe yönelik beklentilerinden dolayı yatırım amaçlı bu para birimlerine yönelmektedirler. Bunun yanında bu para birimleri merkezi bir otorite tarafından kontrol edilmediğinden takas

amaçlı kullanan kişiler için bazı avantajlar sunmaktadır. Kripto paraların birçok avantajının yanı sıra sosyal ve ekonomik açıdan bazı dezavantajları da bulunmaktadır (Karaçalı, 2019: 23).

1.4.6.1.Kripto Paraların Avantajları

Kripto paraların avantajları aşağıdaki tabloda ele alınmıştır;

Tablo 1.2. Kripto Paraların Avantajları (Karaçalı, 2019: 24); (Evlimoğlu ve Gümüş, 2018: 179); (Pehlivan, 2020: 21); (Kaya, 2018: 3); (Günay ve Kargı, 2018: 64); (Tüfek, 2017: 79).

Avantajları	
Kripto Paraların Değeri	Kripto paraların değer kaybedip değer kazanmaları tamamen içinde bulundukları "ağ trafiği" ile alakalıdır.
İşlem Maliyetlerinin Düşük Olması	Merkeziyetsiz olması ve başka bir kişi ya da kurumun himayesinde olmaması nedeniyle aracıya ihtiyaç duymaması türevlerine göre işlem maliyetlerinin daha düşük olmasını sağlar.
Kolay Erişim	Dünyanın neresinde olursa olsun bir internet bağlantısı sayesinde kolaylıkla erişim sağlayabilir tüm yatırımcılar.
Hızlı ve Kolay Ödeme	Para transferi için alıcının cüzdan adresinin bilinmesi yeterli olup, miktar birkaç saniye içerisinde alıcıya gönderilir.
Anonim Olması	Kişisel bilgilerin gizli ve mahremiyet temelli olması nedeniyle diğer kullanıcılar tarafından Blok Zincir'de tam olarak kimliğiniz bilinmeyecek, fakat diğer kullanıcılar blok zincir üzerinden sınırlı bilgi edinebileceklerdir.
Son Derece Güvenli	Bu teknolojinin yararlarından biride, kullanıcıların kayıtlarının hepsinin blok zincir halinde olması, bu sistemde herhangi bir değişiklik yapılamaması ve siber saldırı düzenlenmesi olasılığının düşük olmasıdır.
Kişiye Özeldir	Kullanıcıların cüzdanlarındaki varlık miktarı, paraları ve transfer işlemleri kendileri istemediği sürece diğer kullanıcılar tarafından bilinemez.
Kimlik Hırsızlığı	Hiç kimse kişisel verilerinizin gizliliğini sağlayan satıcılardan çalamaz.
Hızlı Anlaşmalar	Blockchain sistemi sayesinde kripto paralarla yapılan işlemlerde işletmenizin parayı alması için beklemesi ya da aracı kullanmasına gerek kalmadan birkaç saniye içerisinde antlaşmalar gerçekleşir.
Vergi Avantajı	Kripto varlıklar herhangi bir devlet otoritesine bağlı olmadıkları için vergi, beyan gibi yasal yaptırımlardan muaftırlar bu durum devletler açısından dezavantajken kullanıcılar için iyi bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca devletlerin kripto para kullanıcılarının kimliklerini ve elde edilen geliri tespit etmesi oldukça zordur ve kullanıcıların sanal olarak DNS(Domain Name System) ayarları ve IP (Internet Protocol Address) değiştirme gibi teknolojilerle yer değiştirmesi kolay ve hızlı olması bu durumu daha da zor bir hale getirir.

Tablo 1.2. (Devamı)

Düşük Komisyon Ücretleri	Bu sistemde yapılan işlemler için çok cüzi miktarlarda kullanıcılardan komisyon ücreti alınmaktadır. Bu alınan ücret ise sistemde gerçekleşen her işlemi kayıt altına alan insanlar (miner) arasında pay edilir.
Enflasyon Riski	Kripto paraların arzının kuruluş aşamasında belirlenmesinden dolayı enflasyon gibi risklerle karşı karşıya gelinmez.
Taşıma Yükü	Kripto paraların fiziksel bir varlıkları yoktur. İstenildiği zaman fiziki olarak da saklanabilmesine karşın taşıma gibi fiziki bir yük barındırmazlar.
Zaman	Zamandan tasarruf sağlarlar.

1.4.6.2.Kripto Paraların Dezavantajları;

Kripto paraların dezavantajları aşağıdaki Tablo1.3 de ele alınmıştır:

Tablo 1.3. Kripto Paraların Dezavantajlar (Karaçalı, 2019: 25); (Yıldırım, 2019: 272); (Şahin ve Bulut, 2021: 498); (Tüfek, 2017: 79); (Günay ve Kargı, 2018: 64,65); (EPRS, 2014: 5).

Dezavantajları	
Kırılganlığı Yüksektir	Hukuki bir temele dayandırılmayan, devlet ya da borsa koruması altında olmayan kripto paraların kırılganlığı, risk olasılığı ve volatilitesi yüksektir. Yani kripto paraların alış ve satış fiyatlarında zaman içerisinde ansızın fiyat dalgalanmaları yaşanabilir.
Güvenlik Tehditleri	Kripto para sistemine dışarıdan yapılacak bir saldırı, müdahale ya da teknolojinin yeni oluşumlu olmasından kaynaklı bazı açıklıkların hackerler tarafından keşfedilmesi büyük ekonomik kayıplara neden olabilir.
Korsan Saldırılar	Kripto para kullanıcılarının sanal cüzdanlarının dijital ortamda tutulması kullanıcıların sanal cüzdanlarının internet korsanlarının saldırılarına maruz kalmasına sebep olabilir.
Yasa Dışı Kullanım	Kripto paraların anonim olmasından dolayı vergi kaçakçılığı, uyuşturucu ticareti, yasadışı ve yolsuzluk gibi işlemler kara para aklamayı daha kolay hale getirmektedir.
Denetim Riski	Hiçbir hükümet ve kurumun denetiminde olmaması nedeniyle denetim yetersizliğinden oluşabilecek potansiyel riskleri bünyesinde barındırır.
Kısıtlı Miktarda Arz Edilmesi	Kripto paraların arz miktarının kuruluş aşamasında belirlenmiş olması yani belirli bir limitinin olmasından dolayı paranın fonksiyonlarını tam olarak yerine getirmesi mümkün değildir. Arz miktarı tükenince mevcut piyasada var olan paraların aşırı değerlenmesine neden olacak sorunları da beraberinde getirir.Yani kısaca arz miktarı tükenmesi sonucunda mevcut paraların aşırı değerlenmesi deflasyon olgusunu ortaya çıkarabilir.
Anlaşılması Zor	Yeni bir teknoloji temeline dayanan kripto para birimleri, bu teknolojik alt yapının yanı sıra teknik bir bilgi birikimini de içinde barındıran ve bilgisayar yazılımlarıyla oluşturulan bir olgudur. Böylece yazılım ve diğer teknik bilgilere ulaşma imkânı olmayan kişiler bu olgu hakkında tam bilgiye sahip olmayabilirler.

Tablo 1.3. (Devamı

Bilgi Eksikliği	Kripto para kullanıcıları kripto para birimlerini nasıl kullanacakları hakkında yeterli bilgiye sahip olmayabilirler. Bu durumda bu kullanıcıların hackerler tarafından kandırılmaya çok müsait bir hale getirir.
Cüzdanınızı Kaybedebilirsiniz	Kullanıcılar kripto paralarını tuttukları sanal cüzdanlarının şifrelerini unutabilir veya kaybedebilirler.
Yeterince Yaygın Olmaması	Kripto paraların yasal bir dayanağının olmaması dar ve değişken kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle kullanımı yeterince yaygınlaşmamıştır.
Likidite	Düşük likiditeye sahiptirler.
İz sürme	Kripto paraların izi sürülemez.
İptal ve Geri İade	Ödeme işlemlerin gerçekleşmesi durumunda bu işlemlerin iptali veya geri iadesi söz konusu olamaz.

1.5. KRİPTO PARA DÜNYASININ AKTÖRLERİ

- Kullanıcılar (Cryptocurrency Users)

Kripto para kullanıcıları, gerçek veya tüzel kişilerden oluşan, kripto para birimlerini çeşitli amaçlar (mal ve hizmet satın almak, ödeme işlemleri (P2P)) veya yatırım amaçlı) için kullanan kişilerdir. Kullanıcılar kripto para birimlerini birçok yolla elde edebilirler. İlk olarak kullanıcılar, devlet otoritesine bağlı olan bir para birimi ile kripto paraların takas edildiği borsalardan reel para vererek kripto para satın alabilirler ya da kullanıcı elinde bulunan kripto para birimini yine kripto paraların takas edildiği borsada başka bir kripto para birimini satın almak için kullanabilir.İkinci olarak ise kullanıcılar kripto paraları bir ticaret platformu aracılığıyla "P2P değişimi" direkt başka bir kripto para kullanıcısından satın alabilirler. Son olarak ise kullanıcılar PoW (Proof of Work "iş kanıtı") ile kripto para birimlerinin, yeni birimlerini madencilik ile elde edebilirler. Madenciler blok zincire yeni bloklar eklemekle görevlidirler. Bu blokların eklenmesi bazı karmaşık "kriptografik bulmacaların" çözülmesiyle mümkündür ve problemi çözen madenci bloktaki kripto para ödülü ile ödüllendirilir. Kullanıcılar blok zincire dayalı bir kripto para birimine sahipken, blok zincirin eski versiyonunun desteklenmediği yeniliklerin kabul edildiği durumda ortaya çıkan "Hard-Fork" ile yeni bir blok zincirde aynı miktarda para birimine sahip olurlar. Mesela Bitcoin (BTC), Bitcoin Cash (BCH) veya Bitcoin Satoshi Vision (BSV) çoğu kez "hard-fork" geçirmiş ve birçok farklı blok zincir oluşturulmuştur.

Kullanıcılar “Kripto Paraların İlk Halka Arzı (ICO-Initial Coin Offering)” gibi tablolardaki satışa çıkarılmış kripto para birimlerini kaynağından direkt alabilirler. Kullanıcı mal veya hizmet satışı yapıyorsa ödemeyi karşı taraf kabul ederse kripto para birimleri cinsinden alabilir. Kullanıcılar birbirlerine hediye veya bağış olarak kripto para verebilirler (Houben ve Snyers, 2018: 25); (Turan ve Demircan, 2021:165).

- **Madenciler (Miners)**

Madenciler, PoW mekanizmasına dayanan blok zincirin devamlılığını sağlamak için oluşturulan yeni blokların üretimini “kriptografik bulmacayı” çözerek sağlayanlardır ve o bloğun kripto parasıyla ödüllendirilerek blok zincirin devamlılığını sağlamak için teşvik edilenlerdir. Madenciler dünyanın herhangi bir yerinde anonim olarak çalışabilir ve ağdaki işlemlerin doğruluğunu kontrol edebilirler. Madenciler, madenciler havuzları halinde gruplanır(Antpool, F2Pool, BitFury, BTCC Pool, BW.COM…). Bir grup madenci kripto para birimlerini oluşturmak için kullanılan hesaplama gücünün yarısından fazlasını elinde bulundurup kontrol ettiğinde diğer madenciler tarafından ağa müdahale edildiğinde o işlemleri engelleyebilirler (Houben ve Snyers, 2018: 25,26); (European Commıssıon, 2017).

- **Kripto Para Borsaları (Cryptocurrency Exchanges)**

Kripto para borsaları, kripto para kullanıcılarına belli bir komisyon ödemesi karşılığında takas hizmetleri sunan kişi ve kurumlardır. Kullanıcıların itibari paralarına karşılık kripto para satın almalarına veya satmalarına izin verir. Genellikle hem bir borsa hem de bir değişim ofisi olarak işlev görürler. En çok bilinen kripto para borsalarına örnek olarak şunları verebiliriz: Bitfinex, Hitbtc, Kraken ve Coinbase GDAX.

Kripto para borsaları işlevlerine göre saf kripto para borsaları ve genel kripto para borsaları olmak üzere iki ayrı borsa tipine ayrılır.

- Saf kripto para borsaları sadece kripto para birimleriyle ödeme kabul eder ve ayrıca kullanıcıların sadece belirli bir coin seçimini satın almasına izin verir.
- Genel kripto para borsaları ise kripto para dışında ki itibari paralarında (ABD doları veya Euro) kabul edildiği borsalardır. Nakit, kredi transferi ve diğer sanal para birimleriyle yapılan ödemeler dâhil olmak üzere çok çeşitli

ödemeseçenekleri bu borsalarda yapılabilinir (Houben ve Snyers, 2018: 26); (European Central Bank, 2012).

- Cüzdan Sağlayıcılar (Wallet Providers)

Cüzdan sağlayıcılar, kripto para kullanıcılarına kripto para birimlerini tutma, depolama ve aktarma yapmaları için dijital cüzdan (e-cüzdan) sağlayan kuruluşlardır. Kısaca bir cüzdan, bir kripto para kullanıcısının blok zincirindeki kripto para birimi adresine özgü kripto para birimi harcamasına yetki veren, kullanıcının kriptografik anahtarlarını tutan ve aynı zamanda müşterinin sanal para bakiyesini koruyan ve genellikle depolama ve işlem güvenliği sağlayanlardır.

Cüzdan sağlayıcısı, tipik olarak, bir kripto para birimi kullanıcısının tüm yaptığı işlemleri, banka hesabına benzeyen, kolay okunabilir bir biçime çevirir (Houben ve Snyers, 2018: 27); (FATF s.8).

Cüzdanlar; yazılım, donanım ve kâğıt cüzdanlar olmak üzere üç türdedir ve bu cüzdanlar çalışma şekillerine bağlı olarak sıcak veya soğuk cüzdanlar olarak da adlandırılırlar (Hepsi Burada, 2021)

- Kripto Para Üreticileri (Coin İnventors)

Kripto para üreticileri yani geliştiricileri "coin mucitleri" olarak adlandırılırlar. Geliştiriciler, bir kripto para biriminin teknik altyapısını, kullanım kurallarını ve başlangıç değerini belirleyen kişi veya kuruluşlardır. Bazı kripto para geliştiricilerin kimlikleri bilinirken(örn. Ripple, Litecoin, Cardano), çoğusunun ki (örn. Bitcoin, Monero) gizlidir (Houben ve Snyers, 2018: 28).

- Kripto Para Teklifçileri(Coin Offerors)

Kripto para geliştiricileri kripto paraları belli bir ücret karşılığında satar veya ücretsiz olarak verirse para teklifçisi olarak adlandırılır. Blok zincirde belirli bir miktar para, üreticilerin kararlarına bağlı olarak kullanılmak için önceden basılabilir (Houben ve Snyers, 2018: 28).

1.6. KRİPTO PARA ÇEŞİTLERİ

Şuanda piyasada işlem gören en yaygın olan ilk 10 kripto para birimi, aşağıda verilen Tablo 1.4.'de gösterilmektedir.

Tablo 1.4. Kripto Para Piyasasının En Büyük 10 Kripto Parası (Kripto Para Piyasası, 2022)

No	İsim	Logo	Sembol
1	Bitcoin		BTC
2	Ethereum		ETH
3	Tether		USDT
4	BNB		BNB
5	Cardano		ADA
6	USD Coin		USDC
7	Solana		SOL
8	XRP		XRP
9	Terra		LUNA
10	Polkador		DOT

1.6.1.Bitcoin (BTC)

Bitcoin ilk kripto varlık olup ve aynı zamanda günümüzde ki kripto varlıklar arasında en büyük olanıdır. Bitcoin'in ortaya çıkmasını sağlayan tüm atılımlar, diğer tüm blok zinciri ve kripto projelerinin temelini oluşturmaktadır.Bitcoin'nin temeli blok zincire dayanır. Blok zincir ortaya çıkmasaydı Bitcoin'nin herhangi bir kıymeti olmazdı. Blok zincir kendi ağ yapısı üzerinde bulunan para birimlerinin miktarını, kime ait olduğunu, nerelere aktarıldığını kaydeden ve bu yolla Bitcoin ve onun türevi olan çeşitli para birimlerini kullanılabilir hale getiren bir kayıt defteridir. Burada dikkat çekici olan durum ise varlık olarak cebinde Bitcoin bulunduran kişiler bunu ellerini ceplerine sokup parayı şıngırdatarak duyuramazlar. İşte Bitcoin ve türevi paralar yani kripto paralar dijital sahalarda var olan bilgisayar kodlu para birimleridir (Williams, 2020: 22)

Bitcoin'nin oluşturulması Wei Dai'nin 2008'de yazmış olduğu bir makaleye dayanmaktadır. Wei Da'nin fikri, hükümetin katılımının geçici olarak değil, kalıcı

olarak yasaklandığı bir para birimi oluşturmaktı. 31 Ekim 2008' de "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System (Bitcoin: Eşten Eşe Elektronik Nakit Sistemi)" adlı bir makale ile "Satoshi Nakamoto" takma adı altında çalışan bir bilgisayar programcısı tarafından ortaya çıkarıldı (Hougan ve Lawant, 2021: 2,5). Satoshi Nakamoto tarafından oluşturulan bu yapı; filmler, oyunlar ve müzik gibi dosyaları internet üzerinden paylaşmak için oluşturulmuş ünlü bir ptotokol olan BitTorrent'e benzer bir eşler arası bir ağ sistemine dayanmaktadır (Candelario, 2016: 97); (European Central Bank, 2012).

Satoshi Nakamoto'nun kimliği halk tarafından bilinmemektedir ve Satoshı'nin gerçek bir kişi mi yoksa bir takma isim mi hatta bir hacker grubu mu olduğu belirsizliğini korumaktadır (Chuen, 2015: 11); (Houben ve Snyers, 2018: 31). Ve bu konuda çeşitli spekülasyon bulunmaktadır. Satoshi'nin "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" adlı makalasini gönderdiği ülke Japonya olduğu bilinse de Satoshi'nin uyruğu ve kim olduğu netlik kazanmamıştır. 2012 yılına ise P2P Foundation adlı bir platformda Japonya'da yaşayan bir erkek olarak kendisini tanıtmış fakat İngilizceyi anadiliymiş gibi kullanması ve kimliğini resmi olarak açıklamamasından dolayı fazla ciddiye alınmamıştır. 2016 yılında Craig Wright isimli Avusturya'lı bir girişimci yaptığı çalışmaların Satoshi Nakamoto ile benzerlik göstermesinden dolayı kendisinin Nakamoto olduğunu söylemiş ama çok zaman geçmeden bunun yalan olduğunu belirtmiştir. Son olarak da Satoshi Nakamoto'nun, Samsung, Toshiba, Nakamushi ve Motorola şirketlerinin bir kısalmasından oluştuğu söylenmiştir (Deniz, 2020: 23). Satoshi Nakamoto bitcoin sistemini icat ettikten hemen hemen bir yıl sonra ortadan kaybolarak projeyi bıraktığını söylemiştir fakat proje diğer çalışanlar aracılığıyla geliştirilerek tamamen şeffaf ve matematik prensiplere dayalı olarak günümüzde çalışmaya devam etmektedir (Cengiz, 2018: 92).

Satoshi Nakamoto makalesinde Bitcoini herhangi bir aracı kurum (örneğin bir banka veya ödeme işlemcisi) olmadan kişilerin değerli varlıklarını dijital ortamda nasıl tutabileceklerini, gönderebileceklerini ve alabileceklerine dair bir vizyon tanımlamaktadır (Hougan ve Lawant, 2021: 2,5). Kısaca Satoshi makalesinde teknik açıdan kripto paraların altyapı teknolojisinin nasıl olduğu hakkında bilgiler vermektedir (Nakamoto, 2008).

Bitcoin “dijital para birimi” olarak tanımlanır. Bu tanım hem çok geniş hem de çok dar bir tanımlama olduğundan yanıltıcı olabilir. Çok geniştir, çünkü Bitcoin kripto para birimi adı verilen aslında türünün ilk örneği olan çok özel bir dijital para birimidir. Öte yandan, para birimi Bitcoin sisteminin bir yönü olmasına rağmen, çok daha dardır. Açık kaynak kodlu yazılımlardan meydana gelen Bitcoin sistemi; dizüstü bilgisayar, akıllı cep telefonu gibi işlemcilerde çalışmaktadır. Bitcoin daha geniş bir şekilde ödemelerin veya para transferinin ötesinde birçok uygulamaya sahip bir internet protokolüdür (Brito, Shadab ve Castillo, 2014: 147); (Cengiz, 2018: 92).

Kaynak: İnvesting.com, Erişim: 1.10.2022, “Bitcoin Fiyat | BTC Coin - Investing.com”

Grafik 1.1. Bitcoin 5 yıllık fiyat gösterimi

Bitcoinbugünkü fiyatı₺357.152 TRY, 24 saatlik işlem hacmi₺415.112.390.825 TRY. Dolaşımdaki arz 19.166.125 BTC coinve maksimum seviyede. 21.000.000 BTC coin’dir. Bitcoinile şu anda işlem yapılan en büyük borsalarBinance,BTCEX,Deepcoin, XT.COM (CoinMarketCap, “Bitcoin”, Erişim:1.10.2022, Bitcoin (BTC) Fiyatı, Grafikler, Piyasa Değeri | CoinMarketCap).

Bitcoin küresel çapta çalışır ve her türlü işlem için bir para birimi olarak kullanılabilir, böylece euro veya ABD doları gibi resmi para birimleriyle rekabet edebilir. İşlemlerinde, Bitcoin kabul eden mal ve hizmet sağlayıcılarını (internet hizmetleri, çevrimiçi ürünler, maddi ürünlere hatta seyahat/turizm hizmetlerine kadar birçok ürün ve hizmet yelpazesini içine alan) listeleyen bir veritabanı bulunmaktadır

(European Central Bank, 2012).Yani Bitcoin itibari para ile benzer düşünülebilir. İtibari para karşılığında değerli bir varlık olmayan ama mal veya hizmet alışverişlerinde kullanılan yani parasal bir karşılığı olan şeydir. İtibari paranın değerini, bulunduğu ülkenin kanunları veya onu kullanmayı kabul eden kullanıcılar belirlemektedir (Karaçalı, 2019: 29). Ancak Bitcoin merkezi olmayan, herhangi bir hükümet veya herhangi bir tüzel kişilik tarafından desteklenmeyen, anonim, eşler arası ağ (direk olarak kullanıcıdan kullanıcıya transfer) ve kriptografiye dayanan bir para birimidir (Wizaya, 2016: 1). Bitcoin likit bir varlıktır ve düşük işlem maliyetine sahiptir. Ödeme işlemlerini internet üzerinden hızlı bir şekilde yapmamızı sağlar ve mikro ödemeler yapmamıza da izin verir (Grinberg, 2011: 160).

Bitcoin'in tasarımında blok zincir ve madencilik kavramları büyük bir yer tutmaktadır. Blok zincir'in yapısı, yapılan tüm işlemlerin bulunduğu ve blokların birbirine eklenmesiyle genişleyen bir defter-i kebirdir. Madencilik ise kısaca şifre çözme olarak tanımlanabilir. Madenciler (miner) sistemde yayımlanan son işlemleri bir araya getirerek blok haline getirir ve doğrulayarak sistemin tutarlılığını, tamlığını ve değiştirilemez olmasını sağlarlar. İşlemlerin doğrulanması, Bitcoin sisteminin bilgisayar gücünü yerine getiren çok sayıda madenci aracılığıyla yapılmaktadır (Üzer, 2017: 32). Madencilik yapılarak oluşturulabilecek toplam Bitcoin sayısı sınırlıdır, Bitcoin sistemi, 21 milyondan fazla Bitcoin'in var olmaması için programlanmıştır (Houben ve Snyers, 2018: 32).

Madencilik yoluyla elde edilen Bitcoinler kullanıcıların isteklerine bağlı olarak dijital cüzdanlarda muhafaza edilir (Eren, Erek ve Akbaba, 2020: 1353). Nakamoto' ya göre e-cüzdan dijital imzalar zinciri olarak tanımlanır. Cüzdan programlarından Bitcoin alma, satma veya transfer etme işlemleri 7/24 ve ücretsiz olarak birkaç dakika içerisinde gerçekleşmektedir. Her Bitcoin ve her kullanıcı benzersiz bir kimlikle şifrelenir ve her işlem, ilgili tarafların herhangi bir kişisel bilgisi ifşa edilmeden ağdaki tüm bilgisayarlarda görülebilen merkezi olmayan bir genel deftere (blok zinciri adı verilen) kaydedilir. Şifreleme, matematiksel olarak ilişkili iki anahtar üretir: kullanıcı bunlardan birini özel şifresi olarak kullanırken, diğeri geneldir yani bir kişinin başka birine verdiği e- posta adresi gibidir. Blok zincir, alıcının işlem için gereken Bitcoin miktarına sahip olduğunu doğrular ve işlem için gereken Bitcoin miktarını diğerinin adresine aktarır. Blok zincir, Bitcoin'in benzersiz bir özelliğidir, çünkü "çifte harcama" (sahte imza veya

sahte para birimi kullanarak paranın “çifte harcanması”) ve bir alıcı ile satıcı arasındaki elektronik işlemlerin bütünlüğünü doğrulamak için güvenilir bir üçüncü tarafa olan ihtiyacını çözer (Candelario, 2016: 104,105); (Cengiz, 2018: 92).

Kripto para pazarının büyük bir parçasını oluşturan Bitcoin kısaca “฿, BTC ya da XBT” ile sembolize edilmektedir. Bitcoin'ler, değeri ne olursa olsun, her türlü işlemde kullanımının sağlanması amacıyla sekiz ondalık basamağa bölünebilir. Bitcoin’in en küçük birimi “satoshi” olarak ifade edilmektedir ve 100 milyon satoshi 1 BTC ye karşılık gelmektedir (1 sathoshi=0,00000001 Bitcoin)(Çarkacıoğlu, 2016: 11); (Yardımcıoğlu ve Şerbetçi, 2018: 166); (European Central Bank, 2012).Son olarakta2018 yılındaBitcoin aşırı rağbet görmesinin üzerine CME Group ve Chicago Board Options Exchange’in (CBOE)firmaları sayesinde ABD vadeli işlem piyasasında kullanılmaya başlanılmıştır (Kılıç, Gürsoy, Ergüney, 2021: 1593).

Şekil 2.1. Bitcoin Sembol ve Logoları

Özetle Bitcoin; (İda, 2017: 9)

- Dijital para birimidir ve fiziksel bir değeri bulunmamaktadır.
- Bitcoin merkezi olmayan bir ağ etkileşimidir. Kişiler arası dijital para transferine olanak sağlar.
- Transfer işlemi internetin olduğu her yerden yapılabilir.
- Aracı veya komisyoncu yoktur.
- Bitcoin, açık kaynak kodludur ve herkesin kullanımına açıktır ve sistemin sahibi kullanıcılardır.
- Dünyaca kullanılır ve kullanıcıların kişisel hesabına kimse karışamaz.

- Kullanım koşulu, ön sınırlama sözleşmeleri ve şartlar gibi sınırlayıcı şeyler yoktur.
- Bitcoin, madenci adı verilen bir uygulama ile üretilir.
- Üretilebilecek Bitcoin miktarı 21 milyon adet ile sınırlıdır.
- Üretim hızını kontrol altında tutabilmek için Bitcoin çıkarma hızını belirleyen "zorluk seviyesi" sürekli olarak revize edilir. Zorluk ağ üzerindeki yoğunluğa bağlı olarak belirlenir.
- Kullanıcıların kendilerine özel dijital cüzdanları ve hesapları vardır.
- Bitcoin transferleri eşsiz bir imza ile imzalanır ve doğrulukları ve eşsizlikleri madenciler tarafından kontrol edilir ve kullanılan bir bitcoin tekrar kullanılamaz ve böylece mükerrer ödemenin önüne geçilmiş olur.
- Bitcoin aracılığıyla ürün satışı yapmak için fazladan bir ödeme yapılmaz yani kullanıcılardan ön koşul talep etmez.
- Bitcoin; "TL, USD, YEN VE EURO" gibi çoğu para birimine dönüştürülebilir.

1.6.2.Alternatif Kripto Paralar (Altcoin)

Bitcoin, kripto para sektörünün öncüsü olsa da, bitcoin kriptoğrafi sistemine sahip olan tek dijital para değildir. Kripto para birimi kodunun açık kaynaklı olması çoğukişinin sadece kodu uyarlayarak kendi kripto para birimini oluşturmasına imkan verir. Bitcoin'in büyük başarısından sonra insanlar geliştirmeye ve kendi kriptokör versiyonlarını oluşturmaya başlamışlardır. Özellikle farklı konseptleri ve düşük fiyatları nedeniyle Bitcoin' e alternatif oluşturan bu kripto paralara "alternatif coin" anlamına gelen "alt" ve "coin" sözcüklerinin birleşimi olan "Altcoin" ismini almıştır (Wijaya, 2016: 83); (Bakır, 2021: 56).

Ortaya çıkan ilk Altcoin "Namecoin" 2011 de Bitcoin networkü üzerinden çatallama yoluyla elde edildi ve Bitcoinle aynı olan 21 milyon toplam arza sahiptir. Yine aynı zamanlar "Litecoin" piyasaya giriş yaptı. Toplam arzı 84 milyon olan Litecoin'ni, Bitcoinden ayıran en önemli özellikden biri blok üretme süresinin Bitcoin den 4 kat daha hızlı olmasıdır. (Bitcoin blok üretme süresi; 10 dakika, Litecoin; 2,5 dakika) Ve şifreleme algoritması olarak SHA-256'dan farklı "Scrypt" algoritmasını

kullanarak işlem maliyetlerinin Bitcoinden daha düşük olmasını sağlamıştır (Bakır, 2021: 56).

Biz piyasada en iyi bilinen ve en yüksek piyasa değerine sahip olan ilk beş altcoin olan Ethereum(ETH), Tether(USDT), BNB(BNB), USD Coin (USDC) ve Solana(SOL)'yı ele alacağız (Wijaya, 2016: 83).

1.6.2.1.Ethereum (ETH)

Ethereum'un kurucusu 1994 doğumlu VitalikButerin'dir. Buterin 17 yaşındayken Bitcoin'i babası sayesinde öğrenmiş ve "Bitcoin Magazine" isimli bir dergi çıkarmıştır. 2013 yılına gelindiğinde ise Buterin Bitcoin'in içerisine kod yazabilme imkânını önermiş ve bu durum Bitcoin topluluğuyla görüş ayrılıklarına düşmesine neden olmuştur. Bu durum sonucunda Buterin; içerisinde kodlama yapılabilen ve akıllı kontratlar bulunan Ethereum'u dünyaya duyurmuştur. 2018 yılının başlarında yaklaşık 100 milyar dolar piyasa değeriyle Ethereum, Bitcoin'den sonraki en popüler ikinci dijital para olmuştur. Bu nedenle Ethereum en iyi altcoin olarak bilinir ve selefine meydan okuyabilmektedir (Güven ve Şahinöz, 2018: 103).

Ethereum, kendine has bir yazı dili kullanarak blok zincir sistemi üzerinde merkezi olmayan bir yazım uygulaması (DAPP) kullanılmasına izin veren ve herkesin kendi kripto para birimini yapması için inşa edilmiştir. Ethereum ERC-20 kod sistemi aracılığıyla birçok kripto para biriminin temelini oluşturan, akıllı sözleşme (komut dosyası) fonksiyonuna sahip, açık kaynak kodlu bir blok zincirdir. Ethereum, evrensel bir ortak düğüm ağı sayesinde komut dosyalarını çalıştırabilen merkezi olmayan "Ethereum Sanal Makinesiyle" işlem görür (Döviz Piyasası, 2018).

Kaynak: İnvesting.com, Erişim: 1.10.2022, "Bitcoin Fiyat | BTC Coin - Investing.com"

Grafik 1.2. Ehterium 5 Yıllık Fiyat Hareketleri

Ethereum'un bugünkü fiyatıŁ24.342,29 TRY, 24 saatlik işlem hacmiŁ134.061.108.657 TRY Dolaşımdaki arz 122.609.081 ETH coinve azami seviye arzı mevcut değildir. Ethereumile şu anda işlem yapılan en büyük borsalar Binance, BTCEX, Deepcoin, XT.COM (CoinMarketCap, "Bitcoin", Erişim:01.10.2022, Bitcoin (BTC) Fiyatı, Grafikler, Piyasa Değeri | CoinMarketCap).

Ehrereum kısaca "EHT" ile sembolize edilir ve para birimi "ether" dir. Ethereum madenciliğini merkezileşme açısından önemli olan "GPU" yani bilgisayar ana kartı veya "ASİC" ler ile değil "grafik kartları" ile yapılır. Ethereum ev bilgisayarları tarafından üretilmesine karşın, Bitcoin teknik donanım ve yatırım maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı Bitcoin madenciliğinin ev bilgisayarlarıyla üretilmesi çok zordur (Güven ve Şahinöz, 2018: 104).

Bitcoin ve Ethereum Arasındaki Farklar: (Tevetoğlu, 2021: 199-200)

- Blok süresi Ethereum'da 14-15 saniyeyken, bu süre Bitcoin'de 10 dakikadır.
- Ethereum madenciliği tutarlı oranlarda yeni dijital para üretirken, Bitcoin her 4 yılda bir yarı oranında azalır.
- Proof-of-work (iş kanıtı) için, madencilikte uzman ASIC'lerin (Application Specific Integrated Circuit; Uygulamaya Özel Tümleşik Devre) avantajlarını azaltan Ethash algoritmasını kullanır.
- Bitcoin işlemleri, bayt türünden işlem büyüklüğü ile yarışırken, işlem ücretleri hesaplama değişikliğine göre farklılaşır.

- Bitcoin işlemleri, işlem büyüklüğü bayt ile yarışabilirken, işlem ücretleri hesap karmaşıklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bant genişliği kullanımı ve depolama ihtiyaçları (sistemde "gaz" olarak bilinir) ile farklılık gösterir.
- Ethereum gaz ünitelerinin her birinin bir işlemde belirtilebilecek bir fiyatı vardır. Bu, tipik olarak "Gwei" olarak ölçülür. Bitcoin işlemleri Satoshi'nin bayt başına belirttiği ücretlere göredir.
- İşlem ücretleri, Ethereum da daha düşüktür.

1.6.2.2.Tether (USDT)

Tether, fiyatını dolara endeksleyen ve 1 dolar civarında sabit tutmaya çalışan bir kripto para çeşididir (Güven ve Şahinöz, 2018: 131).Tether (USDT) bir stablecoin'dir. Stablecoin'ler, fiat para birimine tipik olarak ABD dolarına göre istikrarlı bir değeri korumak için tasarlanmışlardır (Garewal, 2020: 26). Ya da oluşabilecek önemli fiyat değişikliklerine karşılık istikrarlı bir değeri korumak için oluşturulmuş "stable cryptocurrencies" olarak da bilinen kripto para birimleridir. Fiyat istikrarı sunan veya rezerv varlıklar tarafından desteklenen, fiat para birimleri gibi oynaklık içermeyen istikrarlı değerlemeleri birleştiren yeni bir kripto para sınıf olarak tanımlanabilir.

Stablecoinlerin temelini, birkaç çok uluslu şirket Bitcoin ödemelerini kabul etmesine rağmen, Bitcoin evrensel olarak bir değişim aracı olarak kabul edilmemesi ve bunlara ek olarak Bitcoin işlemlerinin tüm küresel işlemlerin (nakit ve nakit olmayan dâhil) yalnızca ihmal edilebilir bir bölümünü oluşturduğu ve Bitcoin'in yalnızca nispeten küçük bir alanda bir değişim aracı olmasından kaynaklı olarak doğru bir değerleme yapamaması nedeniyle yüksek oynaklıkların oluşmasından dolayı stablecoinler ortaya çıkmıştır. Mallar ve hizmetler Bitcoin ile fiyatlandırılırsa, işletmeler Bitcoin'in yüksek oynaklığı nedeniyle yüksek fiyat değiştirme maliyetlerine maruz kalacaklardır. Çoğu kripto para biriminin bu son derece değişken doğası, diğer para birimlerinde ifade edilen malların arzı ve fiyatlarına göre satın alma gücünün dalgalanmasına neden olabilir. Kripto para birimlerinin yüksek oynaklığı göz önüne alındığında, sabit paralar piyasaya sunuldu. Başka bir varlığa sabitlendiklerinden istikrarlı bir değere sahip olmaları beklenen bu kripto paralar "stabilcoinler" olarak adlandırıldı (Thanh, Hong, Pham, Cong ve Anh, 2022: 2).

2014 yılında Tether ile kurulduklarından bu yana, istikrarlı kripto para birimleri öncelikle kripto para birimi portföyleri için nakit eşdeğeri olarak kullanılmıştır. Tasarımlarına bağlı olarak, şeffaflık, gizlilik ve artan adem-i merkeziyetçilik gibi ek özellikler sunabilirler. İstikrarlı kripto para birimleri ayrıca daha düşük ücretler ve daha hızlı işlem hızları sunabilir, bu da onları uluslararası işlemler ve günlük ödemeler için oldukça kullanışlı hale getirir (Calcaterra, Kaal, Rao, 2020: 63). En çok bilinen üç stablecoinler ise USD Coin, Binance USD, Dai'dır.

1.6.2.3.BinanceCoin (BNB)

Binancecoin (BNB) Ethereum, Litecoin, Bitcoin vb. gibi diğer kripto para birimleri ile de değiştirilebilir veya takas edilebilir. BinanceCoin (BNB) ilk olarak Temmuz 2017'de üretildi ve ilk olarak ethereumblockchain üzerinde ERC-20 tokeni ile çalıştı ardından, Binance'in kendi blok zinciri olan Binancechain'in yerel para birimi olduğu ortaya çıktı. Şu anda, Binancecoin, dünyanın en popüler kripto para birimlerinden biri olarak sıralanıyor. Binance borsası Binancecrypto-coin'i (BNB) çalıştırır ve işlem sembolü BNB'dir (Mallıck, 2020: 2171).

1.6.2.4.USD Coin (USDC)

USD Coin, fintech şirketi Circle ve dijital varlık borsası Coinbase tarafından geliştirilen istikrarlı bir madeni paradır (Mizrach, 2021: 3). USDC 2018 yılında piyasaya sürülen USD Coin (USDC), en iyi fiat destekli stablecoinlerden biridir. USDC, USD'ye sabitlenmiş bir ERC20 belirtecidir. Dai gibi merkezi olmayan stablecoinlerin aksine, USDC, token Coinbase ve Circle şirketleri tarafından kurulan bir konsorsiyum olan Centre tarafından verildiği için merkezileştirilmiştir. Uygun finansal kurumların Kara Para Aklamayı Önleme (AML) denetiminden geçme ve FATF standartlarına uygunluk gibi çeşitli gereksinimleri karşılaması gereken çoklu ihraççı şemasına sahiptir. Merkez, USDC'nin bu üyelik şeması ve açık kaynaklı çerçeve ile diğer hizmetlere ve uygulamalara entegre edilebileceği geniş bir ekosistem elde etmeyi amaçlamaktadır. USDC ticaret, ödemeler, sınır ötesi işlemler, borç verme ve yatırım için kullanılabilir. Merkez, her USDC'nin düzenlenmiş kurumlar tarafından rezervde tutulan bir USD ile desteklendiğini ve her zaman paraya çevrilebilir olduğunu garanti eder. Center

tarafından USDC hakkında iddia edilen önemli bir özellik, tanınmış bir bağımsız kuruluş (Grant Thornton LLP) tarafından denetlenmesi ve ABD'de düzenlenmesidir (Kahya, Krishnamachari ve Yun: 2021: 3).

1.6.2.5.Solana (SOL)

Solana, "Sol" olarak bilinen kripto para birimini üreten bir blockchain platformudur (Bholane, 2021: 75). 2017 yılında Cenevre merkezli Solana Foundatiton tarafından hizmete başlayan proje, AnatolyYakovenko ve Greg Fitzgerald isimli iki yazılımcınınortak çalışması doğrultusunda meydana gelmiştir. 2020 yılının Mart ayında resmi olarak açılışı yapılan Solana, aynı tarihte "SOL" adlı kripto parasınıda yatırımcılarıyla buluşturmuştur. Merkeziyetsiz finans (Defi) temelli olan Solana, aynı zamanda bu alanda madencilere de üretim sahası sunmaktadır (Ağaçkesen, 2022: 425).

1.7.METAVERSE VE METAVERSE KRIPTO PARA BIRIMLERI (META COINS)

1.7.1.Metaverse Kavramı

Metaverse kavramı ilk olarak bilim kurgu yazarı Neal Stephenson'un 1992 tarihli "Snow Crash (Kar Kazası)" romanında ifade edildi, ancak kavram daha önce William Gibson'ın 1984 tarihli bilim kurgu romanı Neuromancer'da "siber uzay" olarak tanımlandı. Metaverse ötesi, diğeri veya başka bir şey anlamına gelen "meta" kelimesi ile dünya veya mekân anlamına gelen "evren" kelimesinin birleştirilmesi sonucu yaratılan bir kavramdır. Kelime doğrudan "evrenin ötesinde, diğer evren, başka bir evren" olarak çevrilebilir. Ancak literatürde metaversin daha kapsamlı ve açıklayıcı tanımları bulunmaktadır. "*Metaverse, dünyanın her yerinden bireylerin bir ağ üzerinden birbirleriyle bağlantı kurabileceği, birlikte yaşayabileceği, sosyalleşebileceği ve değer alışverişinde bulunabileceği çok kullanıcılı gerçek zamanlı bir sanal alan olarak tanımlanabilir*". Metaverse, insanların gerçek dünyadaymış gibi paylaşabilecekleri ve etkileşime girebilecekleri alternatif bir bilgisayar tarafından oluşturulan dünyadır. Bugün, metaverse, insanların zaman ve mesafe gibi gerçek dünya kısıtlamalarını deneyimlemeden avatarları (sanal temsiller) kullanarak sosyal ve ekonomik olarak etkileşime girdiği sanal bir alandır. Bu sanal dünya ağında, daha fazla insan kültürel ve

dil farklılıklarını göz ardı ederek etkileşime girebilir. "*Metaverse, fiziksel gerçekliği dijital sanallıkla birleştiren sürekli ve kalıcı çok kullanıcılı bir ortam olan postreality evrenidir*". Second Life, Fortnite, Minecraft ve Roblox, oyunlarına meta dize özellikleri dâhil eden işbirlikçi ve dünya kurma oyunlarına örnektir. Bu platformlarda kullanıcılar sanal pazarda çalışabilir, başkalarıyla etkileşime girebilir, etkinliklere katılabilir ve dijital ürün ve hizmetler için para alabilirler. Benzer şekilde, Clemens (2022), Ready Player One ve Free Guy gibi filmlerde kullanılan var olmayan fantezi evrenleri aracılığıyla metaversin çeşitli versiyonlarının Hollywood tarafından üretildiğini de açıklamaktadır (Akkuş, Gürsoy, Doğan ve Demir, 2022: 23).

1.7.2.Metaverse Kripto Para Birimleri (Meta Coıns)

Metaverse teknolojisi, internetin bir sonraki büyük devrimi olarak adlandırılıyor. Metaverse, kullanıcıların gerçek dünyadaki veya fiziksel dünyadaki deneyimlerini sanal bir platformda çoğaltmak için avatarlar oluşturabilecekleri sanal bir ortamdır. Fiziksel toplantılar ve toplantılar üzerindeki sınırlamalar nedeniyle, bu kavram COVID19 salgınının ardından çekiş kazanmıştır. Bununla birlikte, diğer tüm ekonomiler gibi, tamamen sürükleyici bir sanal ekonomi olan Metaverse, bir ödeme aracı gerektirir. Bu belirsiz yeni gerçekliğin cevabı kripto para birimidir. Kripto para birimi zaten birkaç meta evrende bir ödeme yöntemi olarak kullanılmaktadır. Tüm sanal işlemler, kripto para biriminin kendiliğinden kullanımı sayesinde yapılır ve bunları destekleyen blockchain teknolojisi onları inanılmaz derecede güvenli ve güvenilir kılar. Metaverse benzeri ve blockchain tabanlı Decentraland, Axie Infinity ve SecondLife gibi uygulamalar, kullanıcıların sanal araziye sahip olmalarına, kazanmak için oynamalarına ve çok daha fazlasını yapmalarına olanak tanır. Sanal varlıkların sahiplik ayrıntılarının kodlandığı kriptografik belirteçler olan değiştirilemeyen belirteçler (NFT'ler), dijital varlıklara sahip olmak için kullanılabilir. NFT: dijital sanat, oyun içi mülk veya başka bir şey şeklinde olabilir (Kaur ve Gupta, 2021). En basit tanımıyla Metacoin, bitcoin'in blok zincirini kullanan ve ona kendi işlevselliğini ekleyen bir blok zincir uygulaması olarak adlandırılır (Himanen, 2017: 11).

1.8.TOKEN (JETON)

Kripto paralar temelde üç'e ayrılır; Bitcoin, Altcoinler ve Tokenler. Tokenler, temel ağlardan birinin üzerine inşa edilen birimlerdir. Yeni dijital varlıklar oluşturmak için sağlam ve yerleşik bir blockchain ağından yararlanmanın bir yoludur. Kullanıcıları hem yeni bir ağa katılmaya hemde yeni bir yazılım çalıştırmaya ikna etmeye gerek yoktur (Yano, Dai, Masuda ve Kishimoto, 2020: 82). Tokenler, çoğunlukla blockchain yapısında bir varlığa karşılık bir bedeli temsil ederler. Özdeş nitelikte olan alıma ve satıma konu olabilir bir niteliğe sahip varlıklara karşılık olabilir; satışı yapılabilecek mallar (emtia), uçuş milleri ya da alışveriş puanları (Güven ve Şahinöz, 2021:85,86).

Token üretmek aslında basit bir iştir. Çünkü mevcut bir blok zincir yapısı içinde işlem görürler. Var olan bir açık kaynak kodunu değiştirip, ortaya yeni bir "para" meydana getirmektense, mevcut bir blockchain de mesela akıllı kontratlardan yararlanarak bir varlığın bedeline karşılık bir token meydana getirebilirsiniz. Bu durumu reel de bir örnekle somutlaştıracak olursak oyun salonları çok iyi bir örnek olacaktır. Oyun oynamak için gittiğiniz mekânda oyunlarda kullanılacak jetonları almak için belli bir miktara karşılık gelecek parayı jetonlara karşılık veririz. Yani token'in bir konser bileti olduğu düşünüldüğünde elde olan bu konser bileti ile yalnızca konsere gidilebilinir, farklı bir ödeme ihtiyaçı için kullanılamaz (Güven ve Şahinöz, 2021: 86, 87).

Bu jetonları oyun salonunda (bu blockchain de) kullanır ve ödül olarak ekstra jeton kazanırsak bunu da salondan ayrılırken tekrar paraya çevirip geri alabiliriz. ICO'lar da bu duruma örnek verilebilinir (Güven ve Şahinöz, 2021: 87). Ama öncelikle kısaca ICO dan bahsedecek olursak ICO (İnitial Coin Offering) yani "ilk para teklifi" geleneksel halka arz yöntemine kıyasla fon toplamanın daha ucuz, daha kolay ve daha hızlı bir yoludur. Yapılmak istenilen bir projenin reel hayata uygulanması için başlangıç yatırımlarının coin ya da token (jeton) satışı ile gerçekleştirildiği kitle fonlamasıdır. Kitle fonlaması dolaşımdaki para ile gerçekleştirilir. Ama bu durum coin ile yapılırsa ICO adını alır. Kısaca yapılmak istenilen proje için arz olunan kripto paradır. Ve esasında token ve ICO bağlantısına baktığımızda; kitle fonlamasına dâhil olacağınız proje için belli bir miktar BTC ye karşılık token alırız. Proje için gerekli fon toplanıp proje reele uygulandığında siz de elinizdeki BTC miktarına karşılık aldığınız tokenleri

ister token olarak ister BTC'ye çevirebilirsiniz (Güven ve Şahinöz, 2021: 87, 91). Tokenler (jetonlar) özel bir platforma bağlı, özel bir amaç dâhilin de kullanılmak için oluşturulurlar. Coin'ler den ise herhangi bir platforma bağlı olmadan yararlanılır (Tiwari, Gepp ve Kumar, 2019: 419). Tether, USD Coin, Dai birer token örneğidir (Coinmarketcap.com, 2022).

İKİNCİ BÖLÜM

KRİPTO PARA BİRİMLERİNİN İŞLEYİŞ MEKÂNİZMASI

Bu bölümde “blok zincir” kavramı ele alınacaktır. Bu doğrultuda ilk olarakblok zincir kavramının tarihçesi, terminolojisi, temel kavramları ve işleyiş mekanizmasından bahsedilecektir. Devamında blok zincir teknolojisi anlatılırken, dağıtık defter teknolojisi ve akıllı sözleşmelerdenbahsedilip, son olarak da blok zincir türleri, blok zincirin evrimsel dönüşümü, avantaj ve dezavantaları ele alınıp bu bölüm bitirilecektir.

Bu bölümün ana amacı, kripto projesinin temelini oluşturan “Blockchain (blok zincir)”üzerinde bulunan para birimlerinin miktarını, kime ait olduğunu, nerelere aktarıldığını kaydeden ve bu yolla Bitcoin ve onun türevi olan çeşitli para birimlerini kullanılabilir hale getiren Blockchain’nin ne olduğu ve bu işleyiş sürecinin meydana gelişi sırasında kullanılan “konsensüs mekanizmalarının” enerji tüketimi açısından incelenebilmesi için gerekli olan bilgilerin verilecektir.

2.1. BLOCKCHAIN’İN (BLOK ZİNCİR) TARİHÇESİ

Birçok kişi Satoshi Nakamoto'nun “Bitcoin: Eşten Eşe Elektronik Ödeme Sistemi” isimli makale ile Blockchain teknolojisini tanıttığına inansa da aslında Blockchain çok daha önceki çalışmalara dayanmaktadır. Nakamoto'nun Bitcoin teknik incelemesinde toplam sekiz dipnot bulunmaktadır. Bu sekiz dipnottan üçü, Nakamoto'nun makalesinden yirmi yıl önce Blockchain olarak adlandırdığımız zaman damgası yapısını geliştiren Stuart Haber ve Scott Stornetta'nın çalışmalarına aittir.

1980'lerin sonlarında, bir kriptograf (şifreleme uzmanı) olan Haber ve bir fizikçi olan Stornetta, New Jersey’de araştırmacı olarak birlikte çalışıyorlardı. İki bilim insanı, kişisel bilgisayarların ana akım olarak benimsenmesini gözlemliyorlardı.1984 yılına gelindiğinde, Amerikan hanelerinin yüzde sekizi kişisel bilgisayar sahibi olurken bu oranın1989 itibariyle yüzde on beş olması Haber ve Stornetta’nın dijital bilgiye olan bu yeni güveni sorgulamasına neden oldu ve şu iki sorunun cevabını bulmaya yöneltti:

İlk soru, kişisel bir bilgisayarda dijital bir dosyayı değiştirmek bu kadar kolaysa mevcut veri geçmişi hakkında neyin doğru olduğunu, nasıl bileceğiz? İkinci soru,

kayıtları tutmak için merkezi bir otoriteye güvenmek zorunda kalmadan bu geçmiş hakkında bildiklerimize nasıl inanacağız?

Bu sorular, son derece zor bir matematik probleminin ortaya çıkmasına yol açmıştı. Merkezi bir yönetim olmadan güvenilir bir dijital dosya kaydı oluşturmak o kadar zor bir hale geldi ki Haber ve Stornetta neredeyse pes etti. Bilim adamlarının vazgeçme fikri, sorunun aslında çözülmesinin imkânsız olduğunu resmî olarak kanıtlamaya çalışmaktı. Sonra bir gün Stornetta; New Jersey'deki bir Friendly's restoranında olası çözüm fikri aklına geldiğinde eşi ve çocuklarıyla bir sırada bekliyordu. Stornetta, ertesi gün Haber'e fikri anlattı ve bu sistemi kurmak için yola çıktılar.

Hayal ettikleri zaman damgalı defter, bir blok zincirin altında yatan temel yapı, hem kriptografik hem de bir kayıt defteriydi.

Zaman damgalı kayıt serileri, tüm zinciri bozmadan bir ögeyi kurcalanamayacağı şekilde birbirine bağlanır. Defterler, bir işlem bloğundan diğerine dâhili olarak bağlanır ve daha sonra defterin birçok bağlantılı kopyası dağıtılır, böylece bir algoritmaya biraz güven gerektiren ancak merkezi bir yöneticiye güvenmeyen bir defter olmasına izin verir.

Haber ve Stornetta, çalışmalarını 1990'da bir kriptografi konferansında sundular ve daha sonra 1991'de The Journal of Cryptography'de “Dijital Bir Belgeye Nasıl Zaman Damgası Yapılır?” başlığı altında yayınladılar (Whitaker, 2019: 25).

Sistem, zaman damgalı belgelerin saklanması için kriptolanmış güvenli bir Blockchain’i kullanmış ve 1992 yılında Merkle ağaçlarının tasarıma dâhil edilmesiyle birlikte birkaç belgenin bir blok halinde toplanması sağlanmış, buda sistemi daha verimli hale getirmiştir. Bununla birlikte, daha sonra bu teknoloji kullanılmamış ve patent Bitcoin'in başlangıcından dört yıl önce -2004 yılında- sona ermiştir.

2004 yılında bilgisayar bilimcisi ve kriptografi aktivisti Hal Finney (Harold Thomas Finney II), yeniden kullanılabilir iş ispatı olan RPoW adlı bir sistemi tanıtmış; bu sistem, değiştirilemez ve özgün bir Hashcash tabanlı iş ispatı tokenı alarak çalışmaya başlamış ve karşılığında kişiden kişiye aktarılabilen bir RSA (Asimetrik şifreleme algoritması) imzalı token oluşturmuştur.

Yeniden Kullanılabilir İş İspatı (RPoW); tokenların mülkiyetini, dünyanın her yerindeki kullanıcıların gerçek zamanlı olarak verilerin doğruluğunu ve bütünlüğünü kontrol etmesine izin verecek şekilde tasarlanmış güvenilir bir sunucuda tutmak yoluyla çifte harcama sorununu çözmüştür. RPoW sistemi, dünya kripto para tarihinde başlangıç bir prototip ve çok önemli bir kilometre taşı olarak değerlendirilmektedir. 2008'in sonlarında, Bitcoin olarak adlandıralan merkezî olmayan eşler arası elektronik bir para sistemini tanıtan Whitepaper, bir kişi veya grup tarafından Satoshi Nakamoto adı kullanılarak bir kriptografinin posta listesine gönderilmesiyle ortaya çıktı. Bitcoin ve diğer kripto paralarının serüveni, böylece başlamış oldu(Binance Academy, 2021). Birçok kişinin algısında Bitcoin ile özdeşleşmiş olan "Blockchain" kriptopara kullanımından çok daha fazlasıdır. Aslında "Blockchain" bir teknolojidir. Gücünün bilinen ilk örneği ise Bitcoin'dir. Hatta kısaca blok zincir,bir yazılımdır da denilebilir (Williams, 2020:15).

Bu bölümde Blockchain teknolojisi detaylı bir şekilde izah edilecektir.

Tablo 2.1. Blockchain'in Ortaya Çıkışı İçin Zaman Çizelgesi

Yıl	**Blockchain'in Ortaya Çıkışı**
1990	Stuart Haber & Stornetta, dijital bir belgenin değiştirilmemesi için zaman damgası uygulamasını tanıttı.
1992	Merkle ağaçları kavramı, bir blokta birkaç belge toplamak için önerildi.
2005	Hal Finney, kullanıcıların kripto para birimlerinin oluşturulmasında çift harcama sorununu çözmelerine yardımcı olan "Yeniden Kullanılabilir İş Kanıtı"nı (RPoW) tanıttı.
2008	Satoshi Nakamoto, Blockchain'in temel kavram olarak kullanan dijital bir para birimi olan Bitcoin'i önerdi.

Kaynak: Padmavathi ve Rajagopalan, 2023

2.2.BLOK ZİNCİR TERMİNOLOJİSİ

Veri (Data), ham gerçeklik ya da bilgisayarların kullanabileceği bir yapıya çevrilmiş gerçekler (sayı, kelime, ölçüm, gözlem vb.) topluluğu olarak da tanımlanabilir. Tek başına bir anlam ifade etmemekle birlikte bir konu hakkındaki ilk bilgidir (Durbilmez, 2018: 30); (Doğan ve Arslantekin, 2016: 16).

Veri tabanı (Database), düzenlenmiş bilgi ya da verilerin saklandığı yerdir. Bilgi sayısındaki artışla birlikte, bilgisayarlar aracılığıyla bilgiyi depolamanın yanında geleneksel dosya sistemine bir alternatif olarak ortaya çıktığı veya karşılıklı bağlantı

içerisinde olan verilerin tutarlı bir şekilde belli bir dizin dâhilinde saklandığı ortamlar olarak da tanımlayabiliriz. Dünya üzerinde birçok kurum, şirket gibi yapılar; verilerini, veritabanı üzerinde saklar. İnsanların günlük yaşamlarında ister bilgisayar ister telefon aracılığıyla yaptığı bir aramada ulaştığı her bir bilgi, veri tabanlarının birkaç saniyede bulup bizim ekranlarımıza, aranılan bilgiyi göstermesiyle oluşur (Erözel Durbilmez, 2018: 30); (Doğan ve Arslantekin, 2016: 17).

Merkezi, merkezi olmayan ve dağıtık olmak üzere şuanda kullanılan üç tür veritabanı bulunmaktadır. Bu veritabanları hakkındaki bilgi, konu içerisinde başka bir başlık altında detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

Kriptoloji, verilerin (rakam, yazı ya da şifreli bir mesaj) bir sistem çerçevesinde şifreli bir formata dönüştürülerek güven temelli bir ortam vasıtasıyla alıcıya gönderilmesidir. Gönderilen şifrelerin çözülmesi sonucu, verilerin tekrar ortaya çıkma sürecinden oluşmaktadır. Kısaca "şifreleme bilimi" olarak da ifade edilir (Güleç, Çevik ve Bahadır, 2018: 19). Yüzyıllar boyunca birçok şifreleme metodundan faydalanılmıştır. En çok faydalanılan iki tür şifreleme metodu ise şunlardır:

Simetrik (Doğrusal) ve Asimetrik (Dalgalı) şifrelemedir.

- **Simetrik Şifreleme (Symmetric Encryption) :** Şifreleme ve şifre çözme işlemlerini yapmak amacıyla aynı anahtarın kullanılmasıdır. Çok hızlı olup elektronik cihazlarda kullanımı, diğer şifreleme yöntemine göre daha kolaydır.
- **Asimetrik Şifreleme (Asymmetric Encryption) :** Şifreleme yapmak için bir genel anahtar kullanılırken şifre çözmek için ise başka bir özel anahtarın kullanıldığı yöntemdir. Asimetrik şifreleme yönteminde, major büyüklükteki sayılar kullanıldığından daha güvenilirdir diğer yönteme göre (Atar, Ersoy ve Özyılmaz, 2016: 2).

2.3.BLOK ZİNCİRİN TEMEL KAVRAMLARI

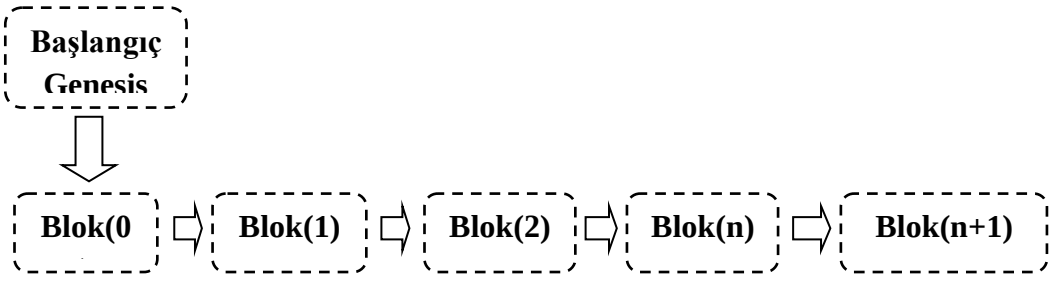
2.3.1.Blok

Birçok yerde göreceğimiz bu kavram Blockchan'in temelini oluşturur. Blockchain, adını işlem verilerini bir zincir oluşturmak üzere birbirine bağlı bloklar halinde saklama biçimine borçludur. Blockchain üzerinde yapılan işlemler, Blockchain

ağına kaydedilir ve işlem sayısı arttıkça blok zincir de büyür. Belirli bir süre boyunca gerçekleştirilen işlemler, “blok” adı verilen bireysel depolama birimleri halinde dosyalara kaydedilir. Blok (Block), içerisinde değer barındıran bütün verilerin depolandığı yapıdır (Erözel Durbilmez, 2018: 32); (Gupta, 2017: 13).Bloklar, daha sonra blok zincirine giriş yapılan işlemlerin zamanını ve sırasını, ağ katılımcıları tarafından üzerinde anlaşmaya(mutabakat) varılan kurallara tâbi ayrı bir ağ çalışması içinde kaydeder ve onları onaylar. Her blok tamamlandığında, ardından yeni bir blok oluşturulur. Kapasitesi dolan her bir blok, arka arkaya bir zincirin halkasını oluşturacak şekilde birbirine bağlanır (Singh ve Singh, 2016: 463).

2009'da oluşturulan ilk blok, Blockchain'de “Genesis bloğu” olarak anılır.Yaratılan tüm yeni blokların ortak atasıdır ve zamanda geriye doğru gidersek sonunda genesis bloğuna ulaşırız.Bitcoin, istemci yazılımı içinde kodlanmıştır ve değiştirilemez. Tüm düğümler, her zaman güvenli kök olan genesis bloğunun karmasını ve yapısını bilir. Statik olarak kodlanmış Genesis bloğu, “Bitcoin Core” istemcisinin içinde “chainparams.cpp” içinde görülebilir.

Genesis bloğunda “The Times 03/Jan/2009 Chancellor on brink of second bailout for banks (Şansölye, bankalar için ikinci kurtarma paketinin eşiğinde)”başlıklı bir kısa mesaj bulunmaktadır. Mesaj, Bitcoin'in mucidi Satoshi Nakamoto tarafından ilk bloğa yerleştirilmiştir. İngiliz gazetesi The Times'ın manşetine atıfta bulunan Genesis bloğunun oluşturulduğu tarihin kanıtınısunuyor. Genesis bloğu için bağış, ilk Bitcoin cüzdanını içeren 9 Haziran 2016'da John Wnuk ve Jayden McAbee tarafından yapıldı (Singh ve Singh, 2016: 463, 464).



Şekil 2.2. İlk blok (Genesis) Kaydından Sonra Tüm Blokların Birbirini Takip Ettiği Yapı

Genesis blok ile başlayan süreç, birbirine sıralı bir şekilde bağlanan bloklardan oluşur. Bu süreci açıklayacak olursak Blok(1) içerisinde hem Blok(0) özet bilgilerini

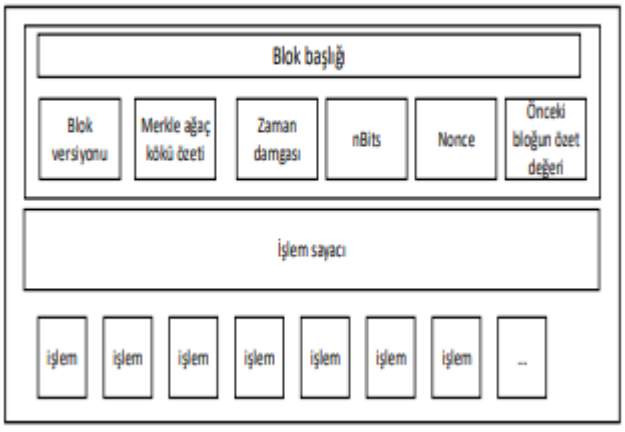
hem de kendine ait datayı depolamaktadır. Peş peşe gelen tüm bloklar bu şekilde bir zincirin halkasını oluşturacak biçimde birbirine bağlanır. Blok yapısını ele alacak olursak blok içindeki "veri ve başlıktan" oluşur. Veriler, değer barındıran her şey olabilir. Başlık ise bloğun içeriğine ait olan, detay içermeyen bilgileri belirtmektedir (Erözel Durbilmez, 2018: 33).Blok yapısını daha da detaylandıracak olursak temelde 5 alandan oluşur:

Tablo 2.2. Blok Yapısı

Blok Yapısı		
Alan Adı	**Boyut**	**Açıklama**
Sihirli Sayı	4 Byte	"Aşağıdaki bir bloktur " anlamında.
Blok Boyutu	4 Byte	Bloğun büyüklüğünü gösterir.
Blok Başlığı	80 Byte	Çeşitli alanlardan oluşur.
Kayıt Sayacı	1-9 Byte	Kaç adet kayıt olduğunu gösterir.
Kayıtlar	Değişir	Kaydedilen işlemler.

Kaynak: Vedat Güven, Erkin Şahinöz, Blok zincir- Kripto Paralar- Bitcoın, 2021, 55.

Sihirli sayı, daima "0Xd9b4bef9" den oluşur. Sihirli sayı, sonrasının bir blok bulunduğunu belirtir. Blok boyutu, bloğun bütününün büyüklüğünü ifade eder. Blok başlığı ise kendi içinde 6 alt başlıktan oluşur ve önemli bir işleve sahiptir.



Kaynak: Mustafa Tanrıverdi, Mevlüt Uysal ve M. Tahsin Üstündağ, Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir?: Alanyazın İncelemesi, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 2019,12(3), 207

Şekil 2.3. Blok Başlığı

Tablo 2.3. Blok Başlığı Yapısı

Alan	**Boyutu**	**Açıklaması**
Sürüm (Version)	4 Byte	Güncellemelerin takip edilmesini sağlar ve blok doğrulama kurallarından kullanılacak olanı saptar.
Önceki Blok Hash	32 Byte	Referans edilen önceki bloğun hash değeri
Merkle Kökü Hash (Merkleroot)	32 Byte	Merkleroothash değeri yani blok üzerindeki bütün işlem kayıtlarının özüt değeri.
Zaman Damgası	4 Byte	Bloğun oluşma zamanı
Zorluk Derecesi (nBits)	4 Byte	Proof-of-work algoritması zorluk hedefi
Nonce	4 Byte	Sayaç (PoW tarafından kullanılacak)

Kaynak: Vedat Güven, Erkin Şahinöz, Blok zincir- Kripto Paralar- Bitcoın, 2021, 55.

2.3.2.Özet(Özüt) Değer (Hash)

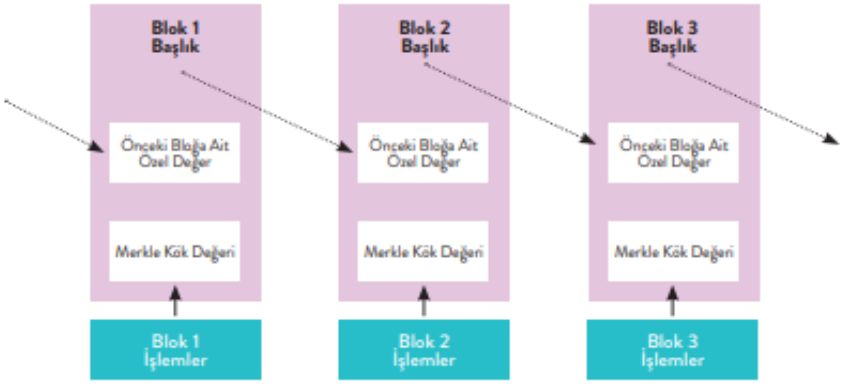
Blok zincirindeki işlemleri onaylayan ve dijital ayak izi olarak hizmet eden alfasayısal dizi veya karmadır. Türkçede "parmak izi" manasına gelen Hash, genellikle kriptografide kullanılan bir algoritmadır.

9018b91c8afbc6877c8ae2ea5f2547e5c392cb29854b6f4d86d64c11db83f282

Yukarıdaki anlamsız sayı karması,"hash" şeklinde tanımlanıyor. Karma yani hash, aslında rastgele uzunluktakibir girdiyi, (resim, uzun bir metin ya da sadece bir harfihatta bir yapılacaklar listesini yahut bir banka işlemi gibi akla gelebilecek herşeyi) sabit uzunlukta şifrelenmiş bir çıktıya dönüştüren matematiksel bir işlevdir. Ortaya çıkan şifrelenmiş çıktıdan, orijinal metne (girdi) yeniden dönmek olanaksızdır. Çünkü "hash algoritmaları" tek yönlüdür. Aynı zamanda orijinal girdi üzerinde oluşabilecek herhangi bir değişiklik hemen hash değerinde de bir değişikliğe neden olacaktır. Çünkü birbirine bağlı olan her blok, bir önceki bloğun hash algoritmasından geçirilmiş içeriğe sahiptir; yani birbirine bağlı olan bloklar arasında son eklenen blok, bir önceki bloğun özüt değerini (Hash) de içinde barındırır. Blok zincir yapısındaki bütün veriler, bu sayede şifrelenerek koruma altında tutulmaktadır (Bakır, 2021: 30); (Topçu ve Sarıgül, 2020: 29); (Güven ve Şahinöz, 2021: 51).

Blockchain'deki ilk bloğun Genesis blok olması, onu hash değeri açısından bir farklılığa sevk eder. Öncesinde herhangi bir blok olmaması, hash değerinin hesaplanamamasına neden olur. Bu yüzden de Blockchain kurucusu tarafından bir hash değeri belirlenmiştir. Bu değer de 256 adet 0'dan meydana gelir.

SHA (Secure Hash Algorithm) olarak da bilinen ve NSA tarafından meydana getirilen 20'nin üzerinde hash algoritması bulunmaktadır. En çok kullanılan kriptografik hash fonksiyonu olan SHA-256 (SHA-2) hash fonksiyonu, 256 bitlik bir çıktı oluşturmaktadır ve Bitcoin tarafından kullanılır (Güven ve Şahinöz, 2021: 50); (Taş ve Kiani, 2018: 370); (Topçu ve Sarıgül, 2020: 29).



Kaynak: Usta, A.& Doğantekin, S. Blockchain 101. BKM Yayıncılık, s.128.

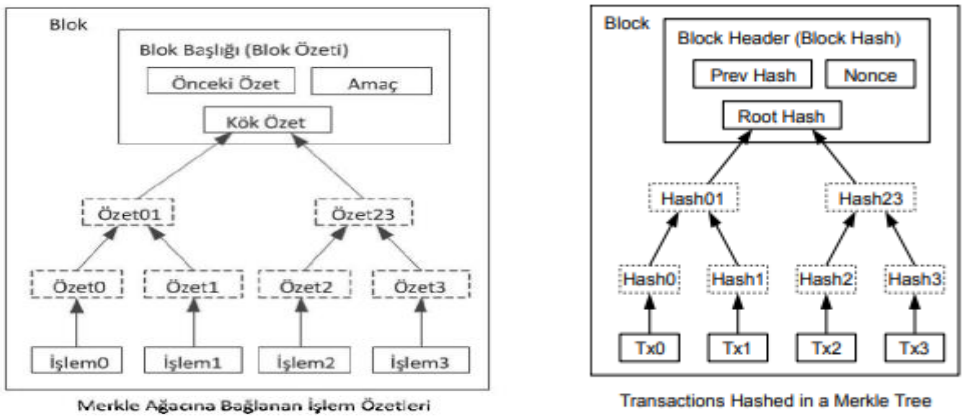
Şekil 2.4. Blok Gösterimi

SHA-256 hash fonksiyonuna girilen mesajın boyutundan ayrı, 256-bit (32 byte) mesaj özeti meydana gelir. Yani mesaj özetini biri incelediğinde mesajın içeriğine dair herhangi bir şey anlamamalıdır.

SHA-256'da mesaj girdisi ne olursa olsun; mesaj özeti 256 tane ardışık, 0 veya 1'den oluşan bir dizedir. Okuma kolaylığı olması açısından genellikle dörtlü gruplar halinde onaltılık sistemle yazılır. Bu durumda, mesaj özetleri ardışık 64 adet (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,A, B, C, D, E, F) harf kullanılarak yazılır. Herkes isterse bir karma oluşturabilir. Google'da arama çubuğuna "256 hash" ifadesiyazılıp, arama yapıldığında, açılan site üzerinde istenilen bir yazı veya fotoğraf eklenerek karmasını oluşturabilir. Oluşan karma, 64 harf veya sayıdan meydana gelir. İşte bu karmalar, yani hash ifadeleri "dağıtılmış çağ" ifadesi şeklinde nitelendirilerek son dönem paradigmalarının alt yapısını meydana getirmektedir (Williams, 2020: 48).

2.3.3.Merkle Kökü (Merkle Root) ve Merkle Ağacı (Merkle Tree)

Merkle ağacı, soyağacı gibi aşağıya doğru dizilmiş blokların bütününden meydana gelir. Yapısı, büyük veri kitlelerinin tamamını etkili bir biçimde özetlemek ya da doğrulamak amacıyla faydalanılan kriptografik bir yöntemdir ve aynı zamanda adı geçen yönteme "ikili özet değer ağacı (Binary Hash Tree)" da denilmektedir. 1979 yılında Ralph Merkle tarafından "Merkle Ağacı" adını almıştır. Merkle root yönteminde veriler, ikişerli olarak sınıflandırılır ve hash değerleri elde edilir. Elde edilen hash değerleri, tekrar ikişerli bir şekilde sınıflandırılır ve tek bir hash değeri kalana kadar sürece bu şekilde devam edilir ve en sonda kalan iki hash değerinin de hash'ları alınınca yani tek bir hash kalınca Merkle Kökü(Merkle Root)'ne ulaşılmış olunur. Aynı zamanda elde edilen son hash değerine "dijital parmak izi" de denilmektedir. Merkle root yönteminde verilerin hash'lerinin ikişerli bir şekilde alınması şart değildir, ikiden fazla veri ile de yapılabilir bu işlem (Güven ve Şahinöz, 2021: 56); (Erözel Durbilmez, 2018: 35); (Sarıkaya, 2020: 27); (Keskin, 2019: 13).



Kaynak: Satoshi Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008, 4. TR/Bitcoin: Eşten-eşe Nakit Ödeme Sistemi (bctr.org)

Şekil 2.5. Merkle Ağaç Yapısı

Yukarıdaki şekillere baktığımızda fark edeceğimiz aslında bildiğimiz ağaç formundan ziyade ters duran bir ağacın simgelenmesidir. Bu durum kök kısmının yukarıda, dal kısımlarının ise aşağıda duran ters bir ağaç şeklinde olmasındandır. Daha önce bahsettiğimiz gibi veriler genellikle ikişerli formda hash'lanır ama eğer elimizde tek bir veri varsa o aşamada da onu, kendisiyle işleme koyarız ve hash değerini elde ederiz.

Merkle Tree'nin iki temel amacı vardır: Birincisi, verilerin ikişerli hash edilmesi nedeniyle elde edilen hash değerinde yapılacak herhangi bir değişiklik Merkle kökündeki değişikliğe neden olacaktır; bu da blok başlığında farklılığa neden olup, blok başlığının hash değerindeki farklılığa neden olacaktır. Ardından gelen bloğun girdisi konumunda olan bu kod farklılaştığında peşi sıra gelen bloklar varlıklarını yitirmiş olur. O yüzden de sadece blok başlığının hash'ı kabul edilir. İkinci görevi ise işlem doğrulamanın basit bir formda gerçekleşmesini sağlar (Güven ve Şahinöz, 2021: 57,58).

2.3.4.Nonce (Number of Used Once)

"Yalnızca bir kez kullanılan sayı"nın kısaltması; madencilerin blok zincirindeki yeni bir bloğu kapatmadan önce doğrulamak için çözmesi gereken şifreli bir sayıdır. Daha açık bir şekilde tanımlayacak olursak aslında "Nonce değeri" 32 bit'e karşılık gelen gelişigüzel belirlenmiş bir değerdir (Güven ve Şahinöz, 2021: 57,58); (Karadağ ve Arıkan, 2019: 148). Kriptografik nonce, nonce başına farklı karma özetleri üretmek için verilerle birleştirilebilir:

hash (data + nonce) = özet (digest)

Yalnızca Nonce değerini değiştirmek, aynı verileri korurken farklı özet değerleri elde etmek için bir mekanizma sağlar. Bu teknik, iş konsensüsünün ispatı modelinde kullanılır. İş kanıtı (PoW) modelinde, bir kullanıcı hesaplama açısından yoğun bir bulmacayı çözen ilk kişi olarak bir sonraki bloğu yayınlar. Bu bulmacanın çözümü, iş yaptıkları "kanıt(proff)" tır. Bulmaca, bulmacayı çözmenin zor olduğu ancak bir çözümün geçerli olup olmadığını kontrol etmenin kolay olduğu şekilde tasarlanmıştır. Önerilen bloklar, bulmacayı tatmin etmiyorsa reddedilir. Yaygın bir bulmaca yöntemi, bir blok üstbilgisinin karma özetinin hedef değerden daha az olmasını gerektirmektedir. Gereksinimi karşılayan bir karma özeti bulmaya çalışırken blok üstbilgilerinde küçük birçok değişiklik yapılır (örneğin, nonce'u değiştirme). Yani madencilerin blok üretimek için bir grup matematik işlemini sonuçlandırması gerekir. Yapılan bu matematiksel işlemlerin ispatı ise "Proof of Work (PoW)" dır. Bunu yaparken de blok başlığı (Head) bölümünde ki hash değerinde bir değişiklik yapmadan Nonce değeri üzerinde değişiklik yapılarak kurala uygun bir hash değeri elde edilmelidir. Bu değer elde edilene dek

Nonce değeri üzerinde değişiklik yapılabilir; (Güven ve Şahinöz, 2021: 57,58); (Yğa, Mell, Roby ve Scarfone, 2019: 19).

2.3.5.Düğümler (Nodes)

Bir ağdaki tüm işlemlerin tam kopyalarını saklayan ve onları kurcalamayı neredeyse imkânsız hale getiren bilgisayarlardır. Ağ yapısındaki tüm cihazlar(bilgisayar vb)bu yapının bir parçası haline gelir. Düğüm ya da nodes olarak isimlendirilen bu cihazlar, konum olarak aynı yerde olabilecekleri gibi dünya üzerinde birbirine çok uzak konumlarda da olabilir. Düğümlerin oluşturulan bütün bloklar üstünde anlaşması ve anlaşılan her blok için belirli bir zaman damgası oluşturulması gerekir.

Dağıtılmış yapıdan meydana gelen bu sistemde kararlar, belirlenmiş bir düğüm tarafından gerçekleştirilmez. Zincire kayıtlı olan tüm düğümler, sistem üzerinde söz sahibidir. Zincir üzerinde kayıtlı olan her bir düğüm, diğer düğümlerin yaptığı şeyler hakkında bilgiye sahiptir. Bu durumun avantajı ise birbirleriyle kolaylıkla işbirliği yapabiliyor olmalarıdır. Hiyerarşik sistemle karşılaştırılınca dağıtılmış yapıda olan bu sistemin daha iyi olduğu ortaya konulmaktadır (Williams, 2020: 52).

2.3.6.Zaman Damgası (Time Stamp)

Bloğun üretildiği tarihi belirtir (Sarıkaya, 2020: 27).

2.3.7. Zorluk Derecesi

Bir bloğu meydana getirme süresi olarak ifade edilir. Zorluk derecesi arttıkça bloğu meydana getirme süresi de uzar (Sarıkaya, 2020: 27).

2.3.8.Dağıtılmış Defter (Distributed ledger)

Merkezi olmayan bir ağın üyeleri arasında paylaşılan ve senkronize edilen bir veritabanıdır (Soares, 2022).

2.3.9.Blok Ödülü (Block reward)

Ağ katılımını teşvik etmek için kullanılan, madenciler tarafından kazanılan teşvik mekânizmasıdır (Soares, 2022).

2.3.10.Madencilik(Mining)

Kripto para meydana getirme süreci "madencilik" olarak adlandırılır. Bir Blok zinciri defterinde; blokları doğrulama ve blok ekleme sürecidir ya da konsensüs mekanizması kullanılarak dolaşıma kripto para birimi ekleme sürecidir (Soares, 2022); (GeeksforGeeks, "How Block Hashes Work in Blockchain?"); (Taş ve Kiani, 2018: 370).

2.4.BLOK ZİNCİRİN (BLOCKCHAIN) İŞLEYİŞ MEKANİZMASI

Blockchain'in temel özelliği, güvenilmeyen katılımcıların güvenilir bir üçüncü tarafa ihtiyaç duymadan birbirleri arasında güvenli bir şekilde iletişim kurmalarına ve işlem göndermelerine/yapmalarına izin vermesidir. Blockchain, katılımcı taraflar arasında yürütülen ve paylaşılan tüm işlemlerin veya dijital olayların kayıtlarının dağıtılmış bir şekilde tutulduğu bir veritabanıdır. Dijital bir veri depolama konsepti olarak da tanımlanabilir(GeeksforGeeks,"How Block Hashes Work in Blockchain?"). Aynı zamanda teknolojik olarak ortaya çıkan bu yazılım çeşidi, bütün bilgilerin takip edilebileceği dijital temelli kayıt defteridir. Blockchain, para giriş-çıkış işlemleri, sanat açısından değerli yapıtları veya herhangi bir şiirin kökenini, mültecilerin durumunu, iklim türlerinin durumunu ve bunlar gibi daha birçok şeyi izleyebilir (Williams, 2020: 21).

Blockchain'isomut bir örnekle anlatmak gerekirse aslında Blockchaingökyüzündeki yıldız kümelerine benzetebiliriz. Gökyüzünde bulunan bütün yıldızların ışık huzmesi ile birbirlerine bağlı olduğunu hayal edelim. Her bir yıldız çevresinde bulunan diğer yıldıza bir ışık huzmesi ile bağlanıyor, bu süreç tüm yıldızların birbirine bağlandığı son noktaya kadar devam ediyor. Örneğimizde gökyüzü, dağıtılmış ağ teknolojisini temsil ederken Blockchain'in meydana geldiği konum da bu nokta oluyor. Yıldızlar, bilgisayar gibi çeşitli teknolojik cihazları temsil ederken aynı

zamandaBlockchain'e olan bilgisayar kodlarını işleme görevini gerçekleştiriyorlar (Williams, 2020: 18).

Blockchain temelde adını, işlem verilerini bir zincir oluşturmak üzere birbirine bağlı bloklar halinde saklama biçimine borçludur (Gupta, 2017: 13). Bir bloğun oluşması içinde ilk önce bir işlem gerçekleşmelidir yani bazı bilgilerin bir taraftan diğerine aktarılması gerekir. İkinci olarak yapılacak ise bloğa eklenecek bu işlemin doğrulanmasıdır. İki Blockchain kullanıcısı arasında bir işlem gerçekleşir gerçekleşmezdoğrulanmamış işlemlerden oluşan bir havuza eklenir. Bu doğrulanmamış işlemler daha sonra blok zinciri ağındaki tüm katılımcı doğrulayıcı düğümlerde yayınlanır ve burada bu blok zincirinin yaratıcıları tarafından kurulan bazı doğrulama kurallarına göre kontrol edilip, doğrulanır. Doğrulanan bu işlemler, blockchain ağına kaydedilir ve işlem sayısı arttıkça blok zinciri de büyür. Belirli bir süre boyunca gerçekleştirilen işlemler blok adı verilen bireysel depolama birimleri halinde ki dosyalara kaydedilmiş olur (Erözel Durbilmez, 2018: 32); (Kaur, Chaturvedi, Sharma ve Kar, 2021: 2).

Blockchain, her bloğun kriptografik karması ile tanımlandığı sıralı bir blok listesinden oluşur. Bir blok en son ve daha önce hiç gerçekleşmemiş ve dâhil edilmemiş kayıtlardan oluşan bir veri yapısını temsil eder (GeeksforGeeks,"How Block Hashes Work in Blockchain?").

Doğrulama işlemi son bulduktan sonra hangi düğümün bir sonraki bloğu, blok zincirine bağlayacağını bulmak, kritik bir kararın ortaya çıkmasına neden olur. Bu karar, bir "konsensüs mekanizması" kullanılarak çözüme kavuşturulur. Blok zincirinde bir sonraki bloğu ekleyebilmek için, bir madencinin karmaşık bir matematik problemini çözerek "doğru bir hash değeri"bulması gerekir. Matematik problemi, madencilerin belirli miktarda önde gelen 0'lı bir karma üretmesini gerektirir. Blok için bunu başaran ilk madenci, kazanan olacak ve oluşturulan bloğu, mevcut blok zincirine ekleyebilecektir (Holbrook, 2020: 20); (Alharby ve Van Moorsel, 2017: 126); (Taş ve Kiani, 2018: 370).

Bloklar, birçok Blockchain ağının temelini oluşturur ve her yeni blok, blok zinciri ağını oluşturan önceki işlem bloğuna bağlanır; bu bağlantı hash değeri ile sağlanır. Her

blok, kendisinden önce gelen bloğa atıfta bulunur ve bu da bir blok zinciriyle sonuçlanır (Güven ve Şahinöz, 2021: 51).

Bloklar karma yapılıdır(dijital parmak izi veya benzersiz tanımlayıcı), son geçerli işlemlerin zaman damgalı gruplarını ve önceki bloğun karmasını içerir. Önceki blok karması, blokları birbirine bağlar ve herhangi bir bloğun değiştirilmesini veya mevcut iki blok arasına bir bloğun eklenmesini önler. Yani her blok bir önceki bloğun özetini içinde barındırır ve bu şekilde, gelen her blok, önceki bloğun ve dolayısıyla tüm blok zincirinin doğrulanmasını güçlendirir. Böylece bir blokta geçmişe dair yapılacak bir değişiklik, o bloğun hash değerinin de değişmesine neden olacağı için ondan sonra gelen her blokta değişiklik yapılmasını gerektirir. Blockchain teknolojisi, kurduğu bu yapı sayesinde verilerin geçmişe yönelik bozulmasını ve değiştirilmesini engellemektedir (Erözel Durbilmez, 2018: 32); (Güven ve Şahinöz, 2021: 50,51)

Bir blok zincirininde bloklar iki bölümden oluşur: bunlar blok bilgisi ve blok başlığıdır. Blok bilgileri; işlemlerin listesi, yani olayların kaydı, ayrıca aktarılan değer ve işlemin zamanı gibi bu işlemlerle ilgili bilgilerden ve gerçek kimliklerini açıklamadan benzersiz bir "dijital imza" kullanarak bu işlemlere kimlerin katıldığına dair bilgilerden oluşur. Blok başlığı, temel olarak geçerli blok oluşturulduğunda, zaman damgasından, blok versiyonundan, nBits'den, Nonce'dan, önceki blok karmasından ve bloktaki tüm işlemleri depolayan "Merkle Ağacı" adı verilen bir veri yapısının kök karmasını içeren kabaca 200 baytlık bir veri parçasından oluşur. Merkle kökü, birMerkle ağacının tüm düğümlerinin bir karmasıdır. Merkle ağacı, bir blok zincirinin bloklarındaki işlemlerin verimli ve güvenli bir şekilde doğrulanmasını sağlayan, güvenlik için bir miktar karma içeren ikili ağaç ve bağlantılı liste veri yapısının bir karışımıdır (Kaur, Chaturvedi, Sharma ve Kar, 2021: 2); (Asharaf, Adarsh ve diğerleri, 2017: 15).

Bununla birlikte Blockchain, esasen işlemleri kaydetmek için bir veritabanı görevi görürken faydaları geleneksel bir veritabanının çok ötesine uzanmaktadır (Gupta,2017: 13,14).

Bugüne kadar Blockchain Teknolojisi dört büyük evrim geçirdi ve her biribunlar aşağıdaki bölümlerde tartışılmıştır.

2.5.BLOK ZİNCİR (BLOCKCHAIN) TEKNOLOJİSİ

Günümüzde yapmak istediğimiz çeşitli finansal işlemlerimizi bir bankanın web ya da mobil uygulamaları üzerinden yapabiliriz. Bizlere bu hizmeti sağlayan kurum tarafından yapmak istediğimiz işlemler, internet üzerindeki uygulamalar sayesinde bir aracı vasıtasıyla gerçekleşmiş olur. Ve bu kurumlar aracılığıyla bütün verilerimiz ilgili regülasyonlar ve yasalar çerçevesinde koruma altında tutulur. Aynı zamanda günümüzde internet sayesinde aldığımız birtakım hizmetler genellikle bu form ve yapıda olup alınan hizmet, hizmeti aldığımız ülkenin yasalarına tabi tutulur. Client-Server mimarisi olarak isimlendirilen bu sistem, istemci(client) ve sunucunun (server) bir araya geldiği bir ağ mimarisidir.

Bu mimaride hizmet veren kurum; Server(Sunucu), hizmet talep eden Client (İstemci)'tir. Daha teknik olarak istemci, Client- Server mimarisinde 'tüketici' , sunucu ise 'üretici' olarak adlandırılır. Client-Server mimarisinde istemci, sunucudan birtakım verilere ve hizmetlere ulaşmak için istekte bulunduğu bir yapıdır. Bu sistemde istemci, sunucunun yetki verdiği ölçüde istekte bulunur ve sunucudan da, istemcinin ondan istediğini yerine getirip getirmeyeceğine dair bir cevap alır. Ya isteğini yerine getirerek cevabı verir ya da isteğini niçin yerine getiremediğini belirtir istemciye (Client – Server mimarisi, 2019); (Lewandowski, 1998; 3). Client- Server mimarisi, zamanla insanların ihtiyaçlarını karşılayamayacak duruma gelmesi, teknolojinin ilerlemesi ve internet hızının da zamanla artması, çeşitli özeliklere ve yeniliklere sahip ağ mimarilerinin (Emule, Torrent vb.) ortaya çıkmasına neden olmuşdur. Ve bu sayede insanlar bazı verileri indirmenin yanı sıra bu verileri paylaşabilir bir konuma da gelmiştir. Bu da Emule, Torrent gibi veri paylaşım uygulamalarının yaygınlaşmasına neden olmuş. Emule ve Torrent uygulaması, Client-Server uygulamasındaki gibi merkezî bir yapı

sunmaz. Bu uygulamada bir bilgisayar aynı anda client ve server özelliğine sahip olabilir. Hizmet almak isteyen kişi, merkezî bir sunucudan değil de o an aktif olan bir sunucudan istediği veriyi alabilir (talep edebilir). Bu ve bunun gibi uygulamalar zamanla teknolojinin daha da ilerlemesine ve inovatif faaliyetlerin artmasına neden olup veri elde etme maliyetlerin azalmasına ve verileri, sayısız bilgisayarda dağıtık bir formda tutma seviyesine getirdi. Verilerin dağıtık bir şekilde saklanmasını temel alan Distributed Ledger (Dağıtık Kayıt Defteri) uygulamasından önce Emule-Torrent ve benzeri uygulamalarda bundan istifade etmiş olmalarına rağmen verilerin dağıtık ortamda şifrelenmeden tutulması, veriye isteyen ve dileyen tüm insanların kolaylıkla ulaşması gibi birçok problemi gündeme getirmiştir. Dağıtık kayıt defteri, şifrelemenin haricinde farklı güvenlik algoritmaları ile beraber verileri merkezi olarak saklamak yerine, isteyen herkesi Emule -Torrent uygulamasındaki gibi bir sunucu yaparak üzerinde tutmasını sağlamaktadır (Aldemir, 2018: 10,11) .

Hali hazırdaki bu dijital yapıların birçoğu, merkezî bir otoriteye güvenmeye dayalı olan yapılardan oluşur. En temel düzeyde, ticaret yapmayı düşündüğümüzde bile tarafların yaptıkları ticarî işte, birbirlerine güvenmeleri gerekir. Bugün, yüz yüze nakit işlemlerinin dışında gerçekleşen hemen hemen her tür ekonomik değişim, güvenilir bir üçüncü tarafın müdahâlesini gerektirir (aslında, nakit işlemlerinin bile güvenilir bir üçüncü taraf gerektirdiği söylenebilir çünkü hükümetler nakit paranın yasal ihale olarak kullanılmasını sağlar). Çevrimiçi olarak mal satın aldığımızda ödemeyi doğrulamak ve işlemek için bir kredi kartı şirketine veya bankaya güveniriz. Arkadaşlarımıza veya aile üyelerimize para gönderdiğimizde işlemi denetlemek için bankalara güveniriz.Ve bir varlık üzerinde mülkiyet talebinde bulunmak istediğimizde mülkiyet haklarımızı doğrulamak için hükümet de dâhil olmak üzere merkezî makamlara güveniriz ya da dijital ortamda yaptığımız işlemlerde bize güven tesis edecek bu otorite; e-mailimizin gönderildiğini bize bildiren bir servis sağlayıcı, internet ortamındaki belgelerin güvenilirliğini belirten bir sorumluveya dijital platformlarda yaptığımız paylaşımların sadece bizim belirlediğimiz kişiler arasında paylaşıldığını belirten bir sosyal ağ platformu olabilir bu otorite. Ancak yapmak istediğimiz her işlemde üçüncü bir tarafa yani bir aracıya güvenmek istemeyebiliriz ki bunun da birkaç nedeni olabilir: İlk ve en belirgin olanı şudur: Aracıların, hizmetleri için talep ettikleri ücretlerdir ve bu da oldukça yüksek olabilir. İkinci olarak üçüncü taraflara güvenmek, hassas verilerin

merkezî sunucularda depolanması ve siber güvenlik risklerinin ortaya çıkmasına neden olabilir. Son olarak da "güvenilir üçüncü tarafların" gerçekte ne kadar güvenilir olduğunu sorgulamamızdır (Pisa & Juden, 2017: 5,7); (CB Dijital Dönüşüm Ofisi).

İşte tüm bu yapılar merkezi sisteme dayalı olarak sunulan teknolojik tabanlı bir sistemin parçalarını oluşturur. Merkezî bir otoriteye bağlı olarak gelişim gösteren buteknolojik yapılara olan güven, 2008 yılında meydana gelen Lehman Brothers Bankasının iflâsı ile insanların merkezî sistemlere olan güveninin ciddi olarak sarsılmasına neden olmuştur. Bu kriz sonucunda birçok kuruluş iflâs etmiş, bu durumun ekonomik etkileri de dünya geneline yayılmıştır. Bunun sonucunda insanlar yeni ve daha güvenilir bir teknolojik arayışa girişmiştir. İşte tam da bu noktada Blockchain teknolojisi insanlara bir alternatif oluşturmuştur (CB Dijital Dönüşüm Ofisi); (Aldemir, 2018:10,11).Blockchain teknolojisinin yaratılmasına kadar birden fazla tarafı içeren herhangi bir başarılı çerçeve, neredeyse her zaman tüm sistemi yöneten ve tüm sisteme erişimi olan merkezîbir otoritegerektiriyorkenBlockchain teknolojisi, merkezî bir otorite olmaksızın merkezî olmayan bir yapı sağlamanın yani sıra tamamen eşler arası (peer to peer) olan bir sistemdir bu da insanların ilgisini çekmesine neden olmuştur (Joo, Nishikava ve Dandapani, 2019: 715); (Yaga, Mell, Roby ve Scarfone, 2019: iv).

Tüm bunların yanı sıra Blockchain teknolojisinin ortaya çıkmasındaki bir diğer etken de dünya üzerinde uluslararası geçerliliğe sahip dijital para birimi yaratmak istenmesidir. Ancak bu konuda yapılan birçok girişim "çift harcama (double spending)" sorunundan dolayı olumlu bir sonucun elde edilmesine engel olmuştur. Çift harcama sorunu, bir dijital para biriminin iki farklı ticari işlemde kullanılması sonucunda taraflardan birinin dolandırılmasıdır. Dijital para birimleri, dijital olarak saklanabilen birer bit dosyası gibidir, kopyalanarak kolaylıkla çoğaltılabilir ve birçok kişi kolaylıkla erişebilir. Bu durum dijital para birimleri için çok önemli bir güvenlik sorununu da beraberinde getirir. İşte bu nokta da Blockchain teknolojisi hem bu güvenlik sorununa hem de çift harcama sorununa çözüm olarak oluşturulmuş bir elektronik ödeme sistemi olarak ortaya çıkmıştır (Yavuz, 2019: 16). Çünkü Blockchain teknolojisinde paranız değiştirilemeyecek formatta isminiz üzerine kayıt altına alınır. Sizin mülkiyetinizde olan bu parayı dilediğiniz şekilde kullanabilirsiniz ancak para her kullanıldığında yeni sahibi adına tekrar kayıt altına alınır. Bunun sonucunda para bir kez sizin ağınızdan başka

birine aktarılırsa o parayı tekrar harcama gibi bir durumunuz söz konusu olamaz ve o para üstünde herhangi bir hak talebinde bulunamazsınız (Williams, 2020: 23).

Ama Blockchain teknolojisinin adından en çok söz ettirdiği dönem, Satoshi Nakamoto adlı kişi veya kişilerin 2008 yılında ortaya çıkardıkları "Bitcoin: Eşten Eşe Elektronik Ödeme Sistemi" isimli makale ile olmuştur. Nakamoto bu makale ile bilgisayar ağı ve kriptografide önceden var olan teknolojiyi yenilikçi bir şekilde birleştirerek bu zorluğun üstesinden gelmiş ve bunun sonucunda Blockchain olarak bildiğimiz şeffaf, güvenilir ve değişmez bir işlem kaydı oluşturulmuştur (Pisa & Juden, 2017: 5,7). Nakamoto aynı zamanda yayınladığı makalede Bitcoin'i küresel boyutta kullanılabilecek bir para birimini ifade eden dijital bir koin, Blockchaini ise dijital imzalı blok zinciri olarak ifade etmiştir (Erözel Durbilmez, 2018: 26) .

Blockchain teknolojisi, Bitcoin ve diğer kripto para birimlerinin başarısının arkasındaki temel yapıyı oluşturmaktadır. Blockchain bir teknoloji ve kripto paralar da bu teknolojinin üzerine kurulmuş yapılardır. Blockchain teknolojisi, tıpkı internetin e-postayı mümkün kılması gibi, Bitcoin ve türevi olan kripto para birimlerinin (kriptografi ile güvence altına alınan dijital para birimlerinin) oluşmasını sağlamıştır(CB Dijital Dönüşüm Ofisi).Yani Blockchain, Bitcoin yada kripto paralar aynı şey değildir. Kripto para birimleri sayesinde Blockchain teknolojisine karşı bir ilgi ortaya çıksa de aslında Blockchain birçok alanda yararlanılabilecek bir altyapı teknolojisidir.

Blockchain'in dilimizde "Blok zinciri" olarak adlandırılsa da bu teknolojik yeniliğin yapısına bakıldığında onu karşılayan esas terimin "kayıt zinciri" olabileceğini varsayan uzmanlar da vardır (Erözel Durbilmez, 2018: 26). Blockchain; iki taraf arasındaki işlemleri yetkin, doğrulanabilir, kalıcı olarak kronolojik ve halka açık bir şekilde kaydetmek için dağıtılmış bir dijital defterin kullanıldığı merkezi olmayan bir teknoloji olarak tanımlanabilir (Hashemi Joo, Nishikava ve Dandapani, 2019: 715). Gelecek vaat eden bu yeni teknolojiyi aynı zamanda işlemleri ve bilgileri kaydeden bir elektronik defter olarak da tanımlayabiliriz (Yaga, Mell, Roby ve Scarfone, 2019: iv); (Darlington, 2021).

Kısaca Blockchain teknolojisi; bir işlemin meşruiyetini sağlayan, çift harcamayı önleyen, güvenilmez bir ortamda yüksek değerli işlemlere izin veren, işlemleri doğrulamak için kriptografi ve bir fikir birliği mekanizması kullanan bir yeniliktir. Bir

Blockchain şeffaflık sunar, aracılara veya üçüncü taraf yöneticilere olan ihtiyacı ortadan kaldırır (Rennock, Cohn ve Butcher, 2018: 38).

Blockchain teknolojisi altı temel unsurdan oluşur; (Lin ve Liao, 2017: 653):

- **Dağıtık:** Blockchain teknolojisinin temel özelliği, merkezî bir yapıya bağlı kalınmak zorunda olunmaması ve verilerin dağıtık olarak kayıt altına alınabildiği, saklanabildiği ve güncellenebileceği anlamına gelir.
- **Şeffaf:** Verilerin Blockchain teknolojisi tarafından kaydedilmesi veher düğüm içinverilerin güncellenmesişeffaflık sunar, bu nedenle Blockchain güvenilir kabul edilir.
- **Bağımsız:** Konsensüs (mutabakat) temeli nedeniyle, merkezî hiçbir yapıya gereksinim duymayan Blockchain teknolojisinde her düğüm, verileri güvenli bir şekilde aktarabilir ve güncelleyebilir.
- **Değiştirilemez:** Blockchain'e eklenen kayıt, sonsuza dek saklanır ve birisi aynı anda% 51'den fazla düğümü kontrol etmedikçe değiştirilemez.
- **Anonim:** Blockchain teknolojileri, düğümler arasındaki güvenlik sorununu çözmüş olup, veri aktarımı ve yapılacak işlemlerin anonim olarak uygulanmasını sağlamıştır. Bu işlem için kişinin blok zinciri adresinin bilinmesi yeterlidir.
- **Açık Kaynak:** Çoğu Blockchain sistemi herkese açık olup kayıtlar, halka açık olarak kontrol edilebilir ve insanlar istedikleri herhangi bir uygulamayı oluşturmak için Blockchain teknolojilerini kullanabilir.

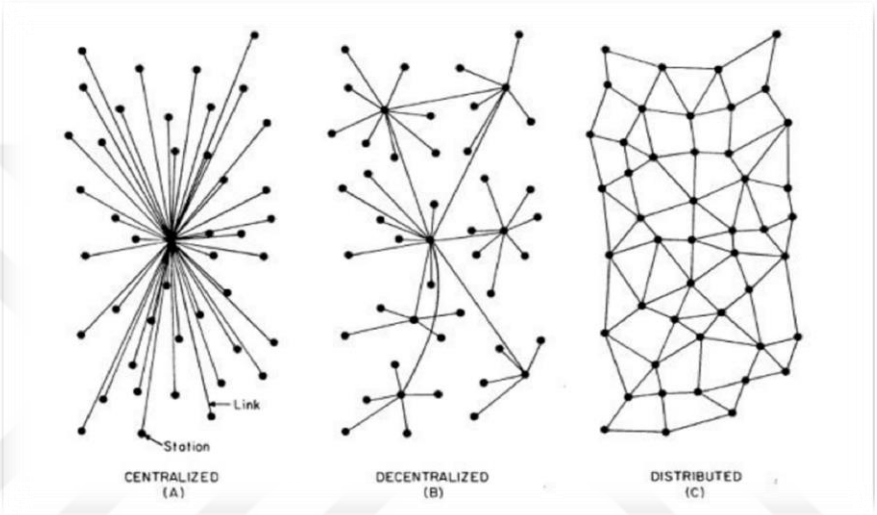
Yukarıda da bahsettiğimiz gibi başlangıçta kripto para birimlerinin temeli olarak tasarlanan Blockchain teknolojisi, diğer birçok alanda geniş kapsamlı bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyeli anlamak için, iki temel blok zinciri bileşenini ayırt etmek önemlidir: Dağıtılmış defter teknolojisi (DLT) ve akıllı sözleşmelerdir (Treleaven, Brown ve Yang, 2017: 15).

2.6.DAĞITIK DEFTER TEKNOLOJİSİ (DİSTRİBUTED LEDGER TECHNOLOGY - DLT)

Öncelikle Dağıtık defter teknolojileri hakkında bilgi vermeden önce ağ yapılarına değinelim:

- **Ağ Yapıları;**

Çoğu insan, yazılımla ilgili olduğu için "applications (app)" uygulama terimine âşinadır. Bu applicationslar belirli bir amaca yönelik yazılımlar olarak da tanımlanabilir. Şu anda kullanılmakta olan milyonlarca yazılım uygulaması vardır. Bu web yazılım uygulamalarının büyük bir çoğunluğu merkezî (Centralızed) yapı üzerinden hizmet sunmaktadır. Geri kalan kısmı ise ya merkezî olmayan(Decentralızed) ağlar üzerinden ya da dağıtık(Dıstrıbuted) ağlar üzerinden hizmet sunmaktadır(Raval, 2016: 3).



Kaynak: Raval, S. (2016), "Decentralized Applications: Harnessing Bitcoin's Blockchain Technology", O'Reilly Media, Inc., U.S.A.

Şekil 2.6. Ağ Yapıları

Merkezî (centralized) sistemlerde datanın tek bir merkezde saklandığı, merkezin izni olmadan bu data üzerinde herhangi bir oynama yapılamayacağı ve merkezin bilgisi dışında yok edilemeyeceği, tüm kontrolün tamamen merkezde olduğu yapılardır (Aldemir, 2018: 12).

Merkezî olmayan yapı (Decentralızed) ise çok sayıdaki küçük merkezî yapıların birbirine bağlanması sonucu oluşan yapıdır. Tek bir merkez yoktur her yapının ayrı bir merkezi bulunmaktadır. Bu yapının olumsuz bir yani, ağ üzerindeki bazı birimlerin ağdan kopması sonucunda birimler arası iletişimin de kopmasına neden olmasıdır (Aldemir, 2018: 12).

Dağıtık yapı (Dıstrıbuted) , merkezî olmayan yapıya çok benzemektedir, birimler arası ilişkinin doğrudan ya da farklı birimler üzerinden iletişimde olduğu yapıdır. Bu ağ

yapısında kontrol ve risk faktörü birimler arasında paylaşılır(Aldemir, 2018: 13).Dağıtık yapılarda hiyerarşi oldukça alt seviyededir. Yapı üzerinde bulunan bütün düğümler, yapı üstünde de söz sahibidir. Hiyerarşi, başkan veya yönetici gibi temsilciler bulunmaz. Yapı üstündeki düğümlerden birkaçı başarısız olsa bile diğer düğümler yapıyı destekleyerek yapıyı bir düzen içinde tutabilir (Williams, 2020: 25).

- **Dağıtık Defter Teknolojisi (DLT)**

İngilizcesi Distributed Ledger Technology (DLT) olan "Dağıtık Defter Teknolojisi" en basit tanımıyla verilerin dağıtık bir şekilde depolanmasıdır. Finans alanında "hesap" kelimesinin karşılığı olan "ledger" aynı zamanda "defter-i kebir, hesap defteri, işlem kayıtlarının kopyası" gibi kelimeleri de karşılamaktadır(Karaköse, 2017:1). Ledger yani muhasebenin temelini oluşturan bu defterler, yazı ve para kadar eski bir kökene sahiptir.

Dijital kayıtlar(veriler) depolanırken ilk zamanlar bir kaydın sadece bir kopyasını elimizde bulundururken, zamanla bu kaydın kopyası birden fazla bilgisayarda dağıtık bir şekilde tutulmaya başlandı. Teknolojinin gelişmesi ve daha birçok yeniliğin ortaya çıkmasıyla elimizde bulunan kayıtları (verileri) birden fazla bilgisayarda dağıttık bir şekilde depolaması başlandı, sonrasında elimizdeki kayıtların kopyasını sayısız bilgisayara dağıttık, en sonunda tüm bilgisayarlar ve her elektronik cihaz yapılan işlemin bir kopyasını kendinde bulunduracak konuma geldi. Bu durumun esas nedeni ise zamanla maliyetlerin azalması ve bilgiye ulaşmanın kolaylaşmasıdır (Usta ve Doğantekin, 2017: 22).

Kaynak: Usta, A.& Doğantekin, S. Blockchain 101. BKM Yayıncılık, 2017: 22.

Şekil 2.7. Dijital Kayıtların Evrimi

Dijital kayıtların evrimini Moore, Netcalfe, Reed ve Bezos kanunları ile açıklamaya çalışan yaklaşım temelde aynı şeyi ifade etmektedir. Dijital yapılı teknolojiler zaman içerisinde, zamanla yarışır nitelikte gelişim gösterirler. Bu da maliyetlerle teknolojik gelişim arasında ters orantıya neden olur. Yani teknoloji ilerledikçe maliyetler düşer. Şekil 2. 7. da teknolojinin gelmiş olduğu son nokta olan, verilerin düşük maliyetli iletişim ağları ile sayısız bilgisayarda dağıtık olarak tutulduğu noktaya getirmiştir. Bu yapıya Dağıtık Kayıt Defteri (Distributed Ledger) denilmektedir (Usta ve Doğantekin, 2017: 25).

Dağıtılmış bir defter, büyük bir ağdaki her katılımcı (veya düğüm) tarafından bağımsız olarak tutulan ve güncellenen bir veritabanıdır. Dağıtım benzersizdir. Kayıtlar; merkezî bir otorite tarafından çeşitli düğümlere iletilmez, bunun yerine bağımsız olarak her düğüm (katılımcı) tarafından oluşturulur ve sistem üzerinde tutulur (Erözel Durbilmez, 2018: 39). Dağıtılmış defterler, dinamik bir medya biçimdedir ve statik kâğıt tabanlı defterlerin çok ötesine geçen özelliklere ve yeteneklere sahiptir. Kısa versiyonu, dijital dünyada yeni tür ilişkileri resmîleştirmemizi ve güvence altına almamızı sağlamaktadır. Bu yeni tür ilişkilerin özü, (şimdiye kadar noterler, avukatlar, bankalar, mevzuata uyum görevlileri, hükümetler vb. tarafından sağlanan) güven maliyetinden, dağıtılmış defterlerin mimarisi ve nitelikleriyle kaçınılmasıdır. Dağıtılmış defterlerin icadı, bilginin nasıl toplandığı ve iletildiği konusunda bir devrim niteliğindedir. Hem statik veriler (kayıt defteri) hem de dinamik veriler (işlemler) için geçerlidir (Bauerle, 2022).

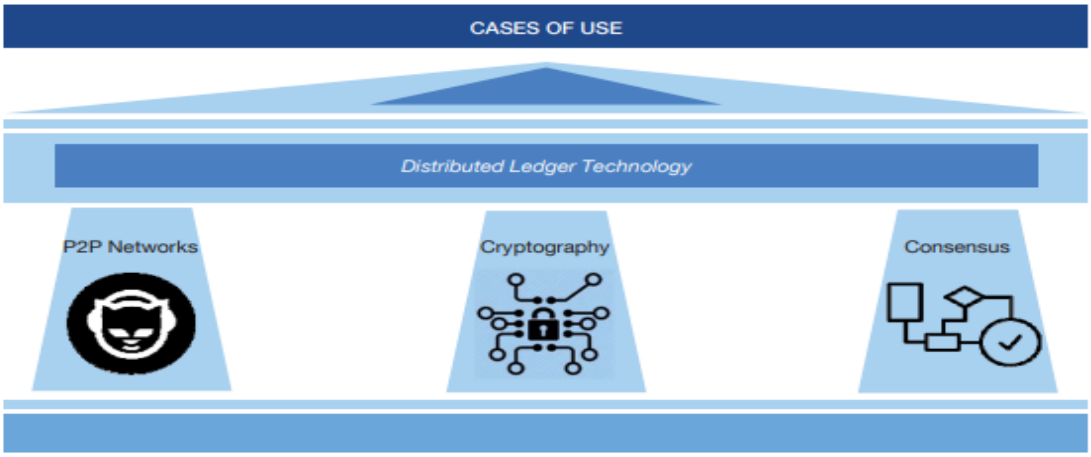
Başka bir tanımlamaya göre ise dağıtılmış defter teknolojisi (DLT), birkaç katılımcı arasında dağıtılan ve tarafların fikir birliği ile senkronize bir şekilde güncellenen birden fazla özdeş kopyası olan bir veritabanını ifade eder. Dağıtılmış bir defterle geleneksel dağıtılmış veritabanı arasındaki önemli bir fark, güncelleme prosedüründe yatmaktadır: Geleneksel dağıtılmış veritabanında katılımcılar birbirlerine güvenir ve veri tutarlılığını korumak için işbirliği yaparken dağıtılmış bir defterde taraflar birbirlerine tamamen îtimat etmezler (veya çatışan çıkarlar vardır) ve buna göre, defterleri paylaşmadan önce toplu olarak doğrulamak için bir mekanizmanın uygulanması gerekir. Başka bir deyişle, güncellemeler merkezî bir otorite tarafından değil, taraflar arasında fikir birliğiyle herkes tarafından kabul edilen bir dizi kural veya prosedüre uygun olarak gerçekleştirilir.

Temel olarak dağıtılmış bir defter, fikir birliğine dayalı doğrulama süreci ile karakterize edilen dağıtılmış bir veri tabanının özel bir durumudur. Dağıtılmış defterler normalde, bireysel işlemlerin bir zincir oluşturmak için kronolojik sırayla birbirine bağlı gruplar veya bloklar halinde işlendiği veya depolandığı bir veritabanı türü olan blok zincir aracılığıyla uygulanır. Zincirde depolanan verilerin bütünlüğü ve güvenliği kriptografi ile garanti edilir. Bilindiği üzere bu teknolojinin pratik uygulamasının ilk örneği, Satoshi Nakamoto takma adını kullanan bir veya birkaç kişinin ilk kripto para biriminin (Bitcoin) nasıl çalıştığını açıklayan bir belge yayınladığı 2008 yılına kadar uzanır. Belge, bu kripto varlığın birbirini tanımayan, güvenilir bir üçüncü tarafa ihtiyaç duymayan taraflar arasında aktarılması için Blockchain teknolojisine dayanan kriptografik bir çözüm sunmuştur. Ağlar, katılımcıların bunlara nasıl eriştiğine bağlı olarak herkese açık veya özel olabilir. Aradaki fark, ağa katılmak için bir izin sistemi olup olmadığıdır, bu da kullanılan konsensüs protokollerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Genel veya kısıtlanmamış bir erişim ağı tamamen açıktır, herkes katılabilir. Teşvik tabanlı bir sistem gerektirir, böylece katılımcılar işlemleri doğrulamak için ağa katılırlar. Bitcoin bugün üretimdeki en büyük halka açık ağdır. Kripto varlıklarındaki ücreti, doğrulamaları gerçekleştirmek için bir teşvik olarak kullanır (doğrulayıcılar, bu durumda doğrulamayı içeren görevler için bir ödül olarak bitcoin alırlar). Genel ağların iki ana dezavantajı vardır: Birincisi, fikir birliğine varmak için örneğin Bitcoin sözkonusu olduğunda, büyük miktarda hesaplama gücü gerektiren karmaşık kriptografik iş kanıtlarını (madencilik) çözmek için potansiyel doğrulayıcıların gerekli olmasıdır. İkinci zorluk, işlemlerin gizliliğinin nasıl korunacağıdır. Buna karşılık, özel bir ağa katılmak için bir davet almak veya belirli erişim gereksinimlerini karşılamak gerekmekte olup katılımcıların da birbirlerini tanımaları gerekir.

Özel ağ operatörleri, belirli bir dereceye kadar güvenilen katılımcıların erişimini kısıtlayabilir ve onlara farklı roller atayabilir. Bu da prensip olarak bir defterin doğrulanması için gerekliliklerin hafifletilmesine, ölçeklenebilirliğin geliştirilmesine ve olası güvenlik sorunlarının sınırlandırılmasına izin verir. Genel bir ağdan özel bir ağa geçişte ağın anonimliği ve aracısızlaştırılması, verimlilik açısından bir maliyet gerektirir. Sonuç olarak finansal kurumlar tarafından geliştirilen projelerin çoğu özel ağlara dayanmaktadır.

Kripto varlıklarla karşılaştırıldığında bu girişimler, fikir birliği mekanizmasının karmaşıklığı veya katılımcıların özellikleri açısından önemli farklılıklar göstermektedir. Dağıtık Defter Teknolojisi ise uygulamayı kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle dağıtılmış defterler, maliyetlerin düşürülmesine ve bu süreçlerin izlenebilirliğini, şeffaflığını ve belirli durumlarda hızını artırmaya katkıda bulunabilecek bir araç olarak kullanılmaya başlanmaktadır (Romero Ugarte, 2018: 2,3).

DLT yaniDağıtık Defter Teknolojisi temel olarak halihazırda mevcut olan üç teknolojinin birleştirilmesinin sonucudur: Eşler arası ağları (P2P), kriptografi (şifreleme) ve konsensüs algoritmaları.



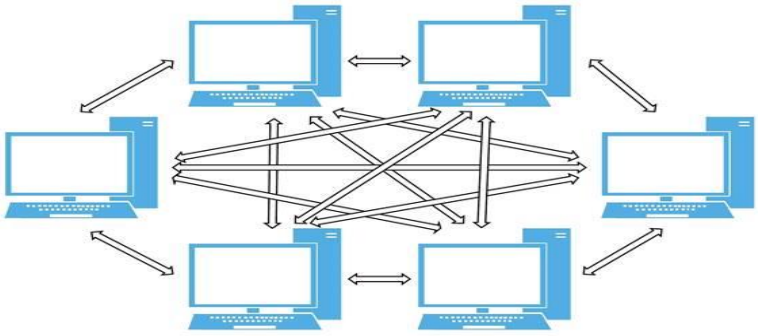
Kaynak: Romero Ugarte, J. L, 2018, "Distributed ledger technology (DLT): introduction." Banco de Espana Article,19, 18.

Şekil 2.8. Dağıtık Defter Teknolojisi

2.6.1.Eşler Arası Ağ (Peer To Peer Network)(P2P):

"Bitcoin: Eşler Arası Elektronik Nakit Sistemi" adlı makalede Nakamoto, Bitcoin'in esasında eşler arası yani "peer to peer" bir bağlantı üzerine kurulduğunun sinyalini vermiştir. Makalenin ilk sayfasında bir ağ olarak "peer to peer network" olarak tanıtılmıştır (Arvas, 2022: 61). Kısaca P2P olarak adlandırılan ve eşten eşe ya da eşler arası anlamına gelen ağ, birden fazla istemci arasında veri paylaşmak ya da dağıtmak için kullanılan bir iletişim protokolüdür. Eş ise ağ üzerinde bulunan bir bilgisayarı ifade etmektedir. Merkezi bir yapının olmadığı bu sistemde eşler, sahip oldukları bilgisayarın güç ve kapasite bilgilerini ağdaki eşlerle paylaşır. Böylece eşler tüketici ve sağlayıcı pozisyonunda aynı anda bulunurlar. Ağ üzerindeki bir eş, sorun yaşadığında yalnızca o

eşin bağlantısı kesilir ama ağ, diğer eşler üzerinden kullanılmaya devam edilir. Yani ağ, sadece tek bir eş'e bağlı değildir bu da onun güçlü bir şekilde çalışmasını sağlar(Erözel Durbilmez, 2018: 37). Bir tanım yapacak olursak "eşler arası ağ sistemi" merkezi bir otorite olmadan yani üçüncü bir taraf olmadan, kişiler arasında doğrudan yapılan veri paylaşımı olarak tanımlanabilir. Ya da eşler arası ağ sistemi kullanılan yapılarda, merkezi bir yapı olmadan taraflar arasında yapılan elektronik ödeme olarak da tanımlanabilir. Her iki tanımlamada da ortak payda taraflar arası işlemlerde; işlem yapılırken arada bir devlet, firma, kişi vb. merkezî bir aracı olmadan işlem yapılmasıdır. Ve ağ üzerinde yapılan işlemler de güvenliği kriptografi sağlamaktadır (Bilgi Platformu, 2021); (Oğuzhan ve Kiani, 2018: 370). P2P hizmetinden; günümüzde, ödeme yapmada, veri aktarmada ve çeşitli ekonomik işlemlerin gerçekleştirilmesinde faydalanılır. P2P sayesinde taraflar doğrudan karşılıklı işlem yaparlar (Erözel Durbilmez, 2018: 17).



Şekil 2.9.P2P(Eşten Eşe)

Bir P2P ağı, aşağıdaki avantajlara sahiptir; (He, 2020):

- **Esnektir;** ağdaki bir bilgisayar kapalıysa diğer bilgisayarlar çalışmaya ve iletişim kurmaya devam edebilir.Tek bir başarısızlık noktası yoktur.
- **Verimlidir;** ağdaki herhangi bir bilgisayar hem istemci hem de sunucu olduğundan bir bilgisayar en yakın eş bilgisayardan veri alabilir.

2.6.2.Kriptografi (Cryptography)

Kriptografi özellikle, iki taraf arasında güvenli bilgi alışverişine izin veren, gönderenin kimliğini doğrulamak, mesajın bütünlüğünü sağlamak ve şifreleme yoluyla üçüncü tarafların bilgileri ele geçirmeyi başarmaları durumunda bilgilere erişilmesini önlemek için kullanılır. İnternet üzerinde gerçekleştirilen kullanıcı kimliği veya

belgelerin bütünlük doğrulamaları gibi işlemlerde dijital imza kullanılmaktadır. Dijital imzalar, kullanıcıların özel anahtarlarıyla (Private Key) oluşturulur ve alıcılar kullanıcılara ait genel anahtarları (Public Key) kullanarak bu imzaları kontrol edebilirler. Blockchain teknolojisinde bir işlemin imzası doğrulandıktan sonra özel ve genel anahtarlar, kriptografik olarak "Hash" adı verilen şifreleme yöntemiyle matematiksel algoritma aracılığıyla bağlanarak benzersiz bir dijital imza oluşturulur. Ardından bu işlemler blok haline getirilir. Oluşturulan her blok; ağa, daha önce dâhil olmuş bloklara ait kayıtları bozmadan zincire eklenir ve ağdaki tüm kullanıcıların dijital hesap defterlerine kaydedilir (Yavuz, 2019: 17).

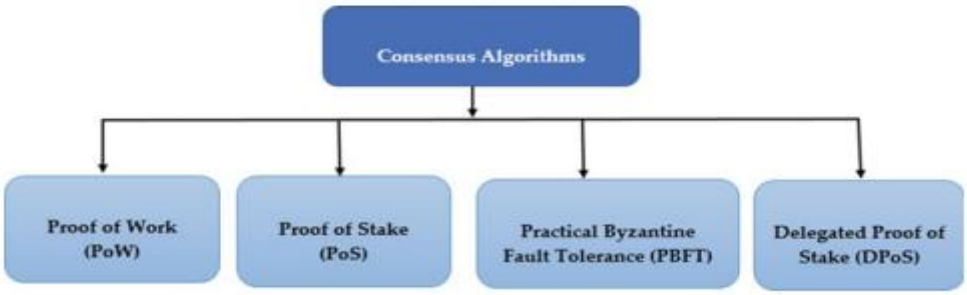
2.6.3. Mutabakat(Konsensüs) Mekanizması (Consensus Mechanism)(CM)

Konsensüs, bir anlaşmaya varmak için kullanılan yöntem anlamına gelir. Bu nedenle, bir blok zincirindeki fikir birliği, blok zinciri düğümlerinin, blok zinciri defterine yazılacak blok zinciri işlemleri üzerinde nasıl "anlaşmaya vardığı" şeklinde kısaca ifade edilebilir (Holbrook, 2020:117). Konsensüs mekanizması (CM), dağıtılmış blokzincir tabanlı bir uygulamanın temel teknolojisidir. Bir Blockchain ağındaki düğümler hatalı olabilir; keyfî, kötü niyetli davranışlar sergileyebilir veya bağlantı gecikmesi yani Bizans arızaları nedeniyle yanlış bilgilere sahip olabilir**.** Konsensüs mekanizması, bu nedenle her katılımcının bu tür güvenilmez ortamlarda ağın durumu üzerinde hemfikir olunmasını sağlar. Konsensüs mekanizması, blokzincirinin tutarlılığını ve gerçekliğini sağlar (Mingxiao, Xiaofeng, Zhe, Xiangwei ve Qijun, 2017: 2567); (Usta ve Doğantekin, 2018:122, 123).

Blockchain ağında kayıt altına alınmış bütün verilerin eş zamanlı olarak herkesin kayıt defterlerinde olması gerekir. Bu durum ise ancak tüm ağ üzerinde fikir birliğine (mutabakata) varılması yoluyla olur (Erözel Durbilmez, 2018: 40).

Veriler "blok" adı verilen yapılar altında "güvenli" bir şekilde saklanır. Ancak burada güvenli kelimesinden kasıt blok içindeki verilere erişmek isteyen kişilerden gizlenmesi değil de blok içindeki verinin diğer kullanıcıların haberi olmadan gizli bir şekilde değiştirilemeyeceğidir. Bu da "Kriptografik Özetleme (Cryptographic Hashing)" ile zaman bilgisi sayesinde yapılır. Blockchain'in işleyişinde de bahsettiğimiz gibi her blok, ardından gelen bir önceki bloğun özet bilgisini içerisinde barındırır. Birbirine bir

zincir gibi bağlı olan bu bloklar üzerinde değişiklik yapmak isteyen kişi veya kişiler hem hedef belirledikleri bloğun hem de ona bağlı olan bütün blokların üzerinde değişiklik yapması gerekir. Böyle bir şeyin gerçekleştirilmesi mümkün olmasına rağmen yapılması oldukça güçtür. Çünkü iki ve daha fazla tarafın olduğu bu yapıda oluşacak herhangi bir yeniliğin ya da değişikliğin kullanıcılar tarafından onaylanması yani o işlem üzerinde fikir birliğine sahip olması gerekmektedir. İşte yapılan işlemin herkes tarafından onaylanması yani üzerinde fikir birliğine varmalarına mutabakat denilmektedir (Usta ve Doğantekin, 2018:122, 123); (Erözel Durbilmez, 2018: 40). Blockchain uygulamalarında en çok kullanılan mutabakat yaklaşımları Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS) ve Bizans Hata Toleransı (Practical Byzantine Fault Tolerance – pBFT)'dir.



Kaynak: Panda, S. K., Jena, A. K., Swain, S. K., & Satapathy, S. C. (Eds.). (2021), "Blockchain Technology: Applications and Challenges" , Springer International Publishing, s.184.

Şekil 2.10. Konsensüs Algoritmaları

2.6.3.1. Proof of Work (PoW)

Dilimizde iş kanıtı (ispatı) olarak bilinen PoW, Bitcoin ve Ethereum' da kullanılan konsensüs mekanizmalarıdır. PoW mekanizması "madencilik (kazım)" olarak da isimlendirilmektedir. İş kanıtı mekanizmasının amacı, bir işlemin geçerliliği konusunda birbirlerine güvenmek için hiçbir nedeni olmayan bir grup aktör arasında fikir birliği oluşturmaktır. Bir blok zincirinin yapısı, birden fazla işlemden oluşan bir bloğun, zincir benzeri biçimde önceki bir bloğa bağlanması ile oluşur. Güvenilirliği sağlamak için, yeni bir blok oluşturulduğunda ve önceki bloğa eklendiğinde iş kanıtı bulmacası adı verilen hesaplama açısından zor bir bulmacayı çözmek için özel bir süreye ihtiyaç vardır. Bu bulmaca katılımcılar tarafından rekabetçi bir şekilde çözülür. Bulmaca önceden belirlenmiş özgün bir Hash (özet) değerinden oluşur. İş kanıtı

protokolünde, karmaşık kriptografikbulmacaları çözen aktörlere “blok madencileri” denir. Karmaşık problemleri çözme zorluğuna katılmanın bir parçası olarak madenciler, Bitcoin blok zinciri platformunda “Bitcoin”, Ethereum blok zinciri platformunda “Ether” şeklinde ödüllerle ödüllendirilirler yani bir ödül mekanizması vardır (Mingxiao, Xiaofeng, Zhe, Xiangwei ve Qijun, 2017: 2568); (Holbrook, 2020: 124); (Koca ve Eğilmez, 2021: 98).

Blockchain yapısında iş kanıtı(PoW) yöntemiyle yeni bir blok meydana getirme şu şekilde yapılır: (Usta ve Doğantekin, 2018: 124, 125); (Koca ve Eğilmez, 2021: 98):

- Eklenecek blok yapısında bulunması istenilen işlemler veya veriler belirlenir.
- Belirlenen işlemler veya veriler üzerinden Merkle ağacı yapısı ve Merkle kök değeri belirlenir.
- Merkle kök değeri, kendinden önce gelen bloğun özet değeri, zaman bilgisi ve ardışık olarak artan bir sayaç olarak tanımlanabilecek Nonce değeri ile blok başlığı elde edilir.
- Blok başlığı özetlenerek uygun bir değer elde edilip edilmediğine bakılır.
- Şayet uygun bir değer elde edilmişse oluşturulan blok başarılıdır ve bu bilgi yapı üzerindeki bütün makinelere duyurulur.
- Ama blok özet değeri olarak uygun bir değer elde edilmemişse nonce değeri artırılarak geçerli bir özet değeri elde edilmeye çalışılır.
- Son nokta olarak nonce değeri limitine ulaşıldı ama geçerli olacak bir blok elde edilemediyse bu durumda blok başlığını meydana getiren değerlerde değişiklik yapılır ve süreç en baştan tekrar yapılmaya başlanır.
- Özet değerine birinci olarak ulaşan madenci Blockchain’e blok eklemeye hak kazanır.

Bununla birlikte iş kanıtı bulmacalarını çözmek önemli miktarda elektrik israfına yol açar, yani bulmacayı çözmek için kullanılan hesaplama gücünün verimsiz bir şekilde boşa harcandığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, enerji tasarrufu sağlamak için Bitcoin topluluğu 2011’de Proof-of-Stake (PoS) yöntemi adı verilen alternatif bir yöntem önerdi ve ilk olarak başka bir kripto para birimi türü olan “Peercoin” üzerinde uygulandı (Watanabe, Fujimura, Nakadaira, Miyazaki ve diğerleri, 2016: 467).

Şimdi Proof of Stake (PoS) olarak adlandırılan konsensüs mekanizmasını açıklayalım:

2.6.3.2. Proof of Stake (PoS)

Kripto paralarda en çok bilinen ikinci fikir birliği protokolü ise pay kanıtıdır (PoS). Değerin ispatı olarak da adlandırılan Proof of Stake (PoS) protokolleri, PoW'a karşı enerji tasarrufu sağlayan alternatifler olarak geliştirilmiştir. Proof of Work yöntemi, çok fazla elektrik gücü ve bilgi işlem gücünün boşa harcanmasına neden olurken Proof of Stake ise pahalı bir bilgi işlem gücüne ihtiyaç duymaz. PoW protokolünde blok yapısı oluşturulurken sayısız madenci katrilyonlarca kez özet hesaplamasını eş zamanlı bir şekilde yapar ve bunun sonucunda sadece bir blok ortaya çıkarılır. Ama PoS protokolünde blok üretme işlemini belirlenen madenci yapmaktadır. Bu durumda hat, afâkî boyutlara ulaşan enerji tüketiminin azamî boyutlara çekilmesine neden olacaktır. 2011 yılında oluşturulan Proof of Stake protokolünü uygulayan ilk kripto para birimi 2012 yılında "Peercoin" olmuştur (Halbrook, 2020: 125).

Temel olarak yoğun enerji tüketimi ve madencilik maliyeti PoW ile ilgili iyi bilinen ekonomik ve çevresel sorunlardan kaçınmanın bir yolu olarak oluşturulan PoS'ta işlem geçerliliği, tüketicinin sahip olduğu kripto para birimlerinin miktarına göre belirlenir. Yani bir sonraki bloğun yaratıcısının, bir kullanıcının bir yatırımının ne kadarını tuttuğu veya belirli bir para birimini ne kadar süredir elinde tuttuğu ile mantıksal olarak dikte edilen rastgele(random) bir sistem tarafından belirlenmesidir (Koca ve Eğilmez, 2021: 98). Kısacası, PoS protokolü, madencilerin payı ile ilişkilidir; blok meydana getirme sürecindepay oranı fazla olan madencinin şansı daha fazladır. PoS protokolünde madenciler, aralarında hesaplama gücü ile rekabete girmezler. PoS, temelde bir düğümün çıkarına dayalı yatırımıyla doğru orantılı olan bir blok zincirini ele almak için oluşturulan faize dayalı bir yaklaşımdır. PoS türleri; Ethereum, Casper ve Kryoton'dur (Panda, Jena, Swain ve diğerleri, 2021: 184).

PoS protokolünde blok oluşturulma süreci sonunda madenciler ödül almazlar, onun yerine blok yapısındaki işlemlerin komisyonunu elde ederler. Bunun sonucu olarak da madenciler "oluşturucu (forget)" olarak adlandırılmaktadır. Proof of Stake protokolü, ağ üzerindeki kötü amaçlı bir saldırıya karşı daha fazla koruma sağlar. Bu

sisteme yapılan bir eleştiriyse kripto para imal etme sürecinin büyük pay sahiplerinin elinde olmasıdır (Güven ve Şahinöz, 2021: 78).

2.7. AKILLI SÖZLEŞMELER (SMART CONTRACTS)

Akıllı sözleşme; kendi kendini doğrulayan, kendi kendini yürüten, kurcalamaya karşı dayanıklı özelliklere sahip bir bilgisayar programıdır. Başka bir deyişlebir sözleşmenin şartlarını kolaylaştırmak, yürütmek ve uygulamak için blok zincirinde çalışan yürütülebilir koddur. Akıllı bir sözleşmenin temel amacı, belirtilen koşullar yerine getirildikten sonra sözleşmenin şartlarını otomatik olarak yerine getirmektir. Bu nedenle; akıllı sözleşmeler, bir anlaşmanın şartlarını uygulamak ve yürütmek için güvenilir bir üçüncü taraf gerektiren geleneksel sistemlere kıyasla düşük işlem ücretleri vaat eder ve aynı zamanda sistemi herhangi bir kötü amaçlı saldırıya karşı güvenli hale getirir. Akıllı sözleşmeler fikri 1994 yılında Nick Szabo tarafından önerilmiştir. Bütün Blockchain platformlarında kod işleme kabiliyeti mevcuttur ancak bunların birçoğu kısıtlanmıştır. Yalnızca içlerinden "Ethereum", kod işleme esnekliğine sahiptir ve birçok uygulamanın yapılması için olanak sunmaktadır. Akıllı sözleşmeler üçüncü taraflar olmadan kod yürütülmesine izin verir (Mohanta, Panda ve Jena, 2018).

Akıllı sözleşme; değer, adres, işlevler ve durumdan oluşur. İşlemi giriş olarak alır, ilgili kodu yürütür ve çıktı olaylarını tetikler. İşlev mantığına bağlı olarak uygulama durumları değişikliklerdir. Blockchain teknolojisinin Bitcoin kripto para birimi aracılığıyla ortaya çıktığı 2008'den beri Blockchain teknolojisine akıllı sözleşmelerin entegrasyonu önemi, geliştirilmesi gereken bir odak alanı haline gelir çünkü eşler arası işlem sağlar ve veritabanı güvenilir bir ortamda güvenli bir şekilde halka açık bir şekilde muhafaza edilebilir. Akıllı sözleşmeler izlenebilir ve geri alınamaz. Tüm işlem bilgileri akıllı bir sözleşmede bulunur ve otomatik olarak yürütülür. Programlama dili Solidity ve Vyper, akıllı sözleşmeyi çeşitli blockchain platformlarında uygulamak için kullanılır (Alharby, Van Moorsel, 2017: 127,128).

Akıllı bir sözleşmenin bazı özellikleri şunlardır; (Mohanta, Panda ve Jena, 2018):

- Akıllı sözleşme, Blockchain platformunda çalıştırılan makine tarafından okunabilir kodlardır.
- Akıllı sözleşmeler bir uygulama programının parçasıdır.

- Akıllı sözleşmeler olay odaklı bir programdır.
- Akıllı sözleşmeler bir kez oluşturulduktan sonra özerktir ve izlemeye gerek yoktur.

Blockchain tabanlı akıllı sözleşmelerden kasıt, onları yürütme yeteneğine sahip olan blok zincirinde bulunan komut dosyalarından başka bir şey değildir. Blockchain teknolojisi tarafından kendisine atanan benzersiz adresleri kullanarakakıllı bir sözleşmeyle bir işlem tetiklenebilir. Akıllı sözleşmelerin işleyişini daha iyi açıklayabilmek için bir örnek verelim: Evinizi satmak veya dairenizi birine kiralamak istediğinizi varsayalım, o zaman mevcut bir Blockchain ağında akıllı bir sözleşme yapabilirsiniz. Mülkle ilgili bilgiler blok zincirinde saklanabilir ve bu ağa ait herkes bu bilgilere erişebilir ancak herhangi bir değişiklik yapılamaz. Bu şekilde, ağ üzerinden herhangi bir üçüncü tarafın varlığına ihtiyaç duymadan mülkünüz için bir alıcı bulabilirsiniz. Blockchain tabanlı akıllı sözleşmelerin avantajlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür; (Mohanta, Panda ve Jena, 2018); (Alharby, Van Moorsel, 2017: 127,128):

- Hız
- Gerçek zamanlı güncellemeler
- Doğruluk
- Daha düşük yürütme riski
- Daha az aracı
- Daha düşük maliyet ve
- Yeni iş veya operasyonel modeller

Akıllı sözleşmeler, devlet hizmetlerinin verimliliğini ve şeffaflığını önemli ölçüde artırabilecek yasaları ve tüzükleri otomatikleştirme potansiyeline de sahiptir (Treleaven, Brown ve Yang, 2017: 15).Son olarak akıllı sözleşmelerin nasıl işletildiği ve çalıştığını detaylandıralım:

- **Akıllı Sözleşmelerin Hazırlanması ve İşletilmesi Süreci**

Akıllı sözleşme yapmak için önce geliştirici, sözleşmeyi hazırlar daha sonra bunu derleyiciye gönderir ve “bitcode” a çevrilerek bütün ağ üzerinde yayınlanır. Bu

hazırlanan akıllı sözleşme “Ethereum ağı” sayesinde kimliği ve şuanki adresi bitcode’da oluşturulan ve sadece ona özgü olacak şekilde hazırlanmış olacak.

Aşağıdaki şekilde süreci daha iyi görürüz:

Kaynak; Herkes için Blok zincir,2020: 12. (https://bkm.com.tr/wp-content/uploads/2015/06/herkes_icin_blokzincir_2020_web.pdf)

Şekil 2.11. Akıllı Sözleşmelerin Hazırlanması ve İşletilmesi Süreci

- Akıllı sözleşmenin dağıtılma süreci bir işlem ile tetiklenir.
- İşlemin yürürlüğe girmesi gerekmektedir.
- Madencilik, eş düğümler tarafından “rekabetçi bir şekilde” gerçekleştirilir.
- Başarılı bir madencilik işlemi sonrasında oluşan yeni blok içerisinde işlem ve sözleşme adresi bulunur.
- Madenci tarafından oluşturulan yeni blok, eş düğümlerde yayınlanacaktır.
- Yeni blok, yerel blokzincirinde resmî bir blok haline gelmek üzere eş düğümler tarafından doğrulanacaktır.
- Akıllı Sözleşmenin yeni örneği benzersiz bir adres içerir. Bu adres sonraki “sözleşme yürütme” için kaydedilmelidir (Herkes için Blok zincir, 2020: 12).

2.8. BLOK ZİNCİR (BLOCKCHAIN) TÜRLERİ

Blockchain teknolojisini üç türe ayrılabiliriz: genel blok zinciri, özel blok zinciri ve konsorsiyum blok zinciri. Her türün kendine has özellikleri vardır; işlevleri ve yapıları bakımından farklılık gösterirler.

2.8.1. Genel (Açık) Blok Zinciri (Public Blockchain)

Halka açık bir blok zinciri, belirtilmemiş sayıda katılımcının sistemde meydana gelen işlem bilgilerini paylaşabileceği ve karşılıklı olarak doğrulayabileceği merkezî olmayan dağıtılmış bir sistemdir. Ayrı bir yönetici varlık yoktur. Herkes anonim olarak katılabilir ve yetki konusunda herhangi bir kısıtlama yoktur (Kim, 2020: 85). Yanihalka açık bir blok zincirinde; herkes bu konuyla ilgilenebilir, okuyup yazabilir (Panda, Jena, Swain ve Satapathy, 2021: 275). Bütünüyle izin gerektirmeyen "Double Permissionless" olarak da bilinen bu Blockchain türüne katılmak isteyen tüm kullanıcıların katılabileceği ve gerçekleşen işlemlere bakma yönünden herkesin eşit olduğu bir türdür (Erözel Durbilmez, 2018: 44). Bu sistem içindeki açık kaynak kodlarına bakmak isteyen herkes tarafından görülebilir ve bu sistem üzerinden yapılan işlemlerin kayıtları, tüm kullanıcılarda dağıtık bir yapıda depolanır, kullanıcı âdetikadar eş kopyası vardır. Böylece sistem, güvence altına alınmış olur. Bu sayede genel (açık) Blockchain türünde gerçekleşen işlemler üzerinde değişiklik yapmak ve silmek söz konusu değildir. Sistem üzerinde herhangi bir işlem değişikli,"node" olarak adlandırılan işlem düğümlerinin %51 den fazlasının hacklenmesi ile olur. Ancak node düğümleri tüm kullanıcılar tarafından kaydedildiği için bu düğümlerin hacklenme yoluyla tahrip edilip kırılması güç bir durumdur, bu da sistemi güvenilir kılar. Genel (açık) Blockchain türünün tek dezavantajı ise çok sayıda kullanıcının varlığından kaynaklı çok sayıda node (düğüm) işleminin olmasıdır. Bu da işlemlerin yapılma hızının, kullanıcı sayısı artışından negatif yönde etkilenmesine neden olur (Yılmaz, 2022: 7).

Halka açık blok zincirinin mevcut bir uygulaması, şu anda dünya çapında dolaşımda olan tanınmış bir kripto para birimi (yani sanal para) olan Bitcoin'in arkasındaki temel teknolojide yatmaktadır. DLT, halka açık blok zincirlerinin merkezinde yer almaktadır. Halka açık blok zincirleri, kripto para birimleri ve denizaşırı havaleler gibi işlemlerle finansal sektörde ve aynı zamanda kitle fonlaması, ulaşım gibi diğer alanlarda da etkili bir şekilde kullanılabilir. Bunun nedeni, halka açık bir blok zincirin, kimlik doğrulama işleminin güvenilir üçüncü bir taraf olmadan gerçekleştirilmesini sağlamasıdır. Ek olarak halka açık blok zinciri, herkesin işlem oluşturmasını ve bir düğüm olarak zincire katılmasını sağlayan açık bir blok zinciridir. Ayrıca, katılımcıların çalışmalarının doğrulanması yoluyla yüksek güvenilirlik ve

bütünlük sağlar. Bununla birlikte, bu güçlü yönlere rağmen, bir dezavantaj vardır: tüm katılımcıların işlem kayıtları saklandığı ve paylaşıldığı için kayıt ve işlem hızları düşebilir. (Kim, 2020: 85); (Panda, Jena, Swain ve Satapathy, 2021: 275).

2.8.2. Özel Blok Zinciri (Private Blockchain)

Özel blok zinciri, halka açık bir blok zinciriyle ilişkilidir ancak katılımı yalnızca servis sağlayıcının (işletme veya kuruluş) onayladığı kişilerle sınırlandırılması bakımından farklıdır yani sisteme giriş yapacak kullanıcılar, servis sağlayıcılar tarafından belirlenir. Özel bir blok zinciri, merkezî bir otoritenin var olduğu bir blok zinciridir. Bu tip bir merkezî yapının var olması Blockchain teknolojisinin güvenliği ve işlem hızını artırmak için kullanılan bir yöntemdir. Aynı zamanda diğer Blockchain türlerine göre küçük yapılardan oluşması da işlem hızını artırır. Bütünüyle izin gerektiren (double permissioned) bu ağ çeşidinde servis sağlayıcı yani merkezî otorite, sistemde bulunan verilere erişmek isteyen kullanıcılara izin verir ve sistem üzerinde çeşitli değişiklikler yapma hakkını elinde bulundurur. Kısaca güvenlik, yetkiler ve erişilebilirlik gibi önemli özellikleri kontrol altında tutan bir organizasyon(merkezi otorite) vardır (Wazid, Das, Shetty ve Jo, 2020: 88702); (Kim, 2020: 85).

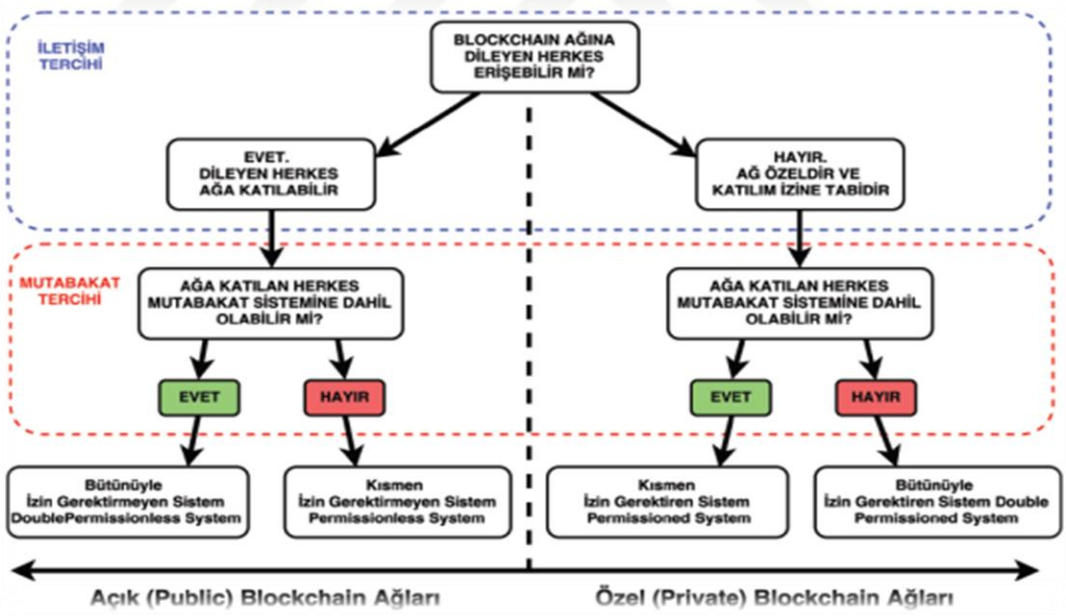
Temelde Blockchain'in kuruluş amacı olan, merkezî bir otoriteye bağlı kalmadan taraflar arasında güvenilir bir mutabakat sürecinin gerçekleştirilmesi fikrine ters düşen bu Blockchain türü, kullanıcı gizliliğinin ön planda olduğu uluslararası kuruluşlartarafından kullanılmaktadır. Özel Blockchain, arzu edilen her sektöre adapte edilebilecek bir sistemdir (Erözel Durbilmez, 2018: 45); (Wazid, Das, Shetty ve Jo, 2020: 88702).

2.8.3.Yarı Özel Blok Zinciri(Semi-Private Blockchain)

Yarı özel blok zincirinde, blok zincirinin bir kısmı özeldir yani bir grup veya kuruluş tarafından kontrol edilir. Geri kalanı ise herkesin katılması için halka açıktır (Sarmah, 2018: 26). Kısmen izin gerektiren "permissioned" olarak da bilinen bu Blockchain yapısına "Ripple" örnek verilebilir. Ripple'nin yapısında, bankaların para transfer işlemlerinde ağa girmek için izne ihtiyaçları vardır ve bu izni alan tüm bankalar mutabakat sürecine, izne ihtiyaç duymadan katılabilir (Erözel Durbilmez, 2018: 45).

2.8.4.Konsorsiyum Blok Zinciri (Consortium Blockchain)

"Konsorsiyum Blockchain" türü, genel ve özel Blockchain türlerinin karışımıdır. Bu tür bir blok zinciri, tek bir bireye verilen gücü ortadan kaldırır. Yani burada iktidarı tek bir varlığa vermek yerine, konsorsiyum veya federasyon adı verilen bir grup insanaveya bireye verilir. Bir konsorsiyum blok zinciri, yalnızca belirli gereksinimleri karşılayan veya önceden kararlaştırılan kullanıcıların (örneğin şirketler, kuruluşlar) katılabileceği bir blok zinciridir. Bu blok zinciri türünde kullanıcılara atanan yetki seviyeleri farklıdır. Bu yapıda sisteme, isteyen her kullanıcı katılabilir ve her kullanıcı verilere ulaşabilirken mutabakat süreci sadece izin verilenlerin katılabildiği bir yapıdan oluşur. Kısmen izin gerektiren bu konsorsiyum türünde işlemler, her kullanıcı tarafından görülüp takip edilebilirken onaylama işlemi yalnızca federasyon tarafından yapılmaktadır. En önemli örnekleri ise "Quorum, Hyperledger, Corda"dır (Gökhan, Ünal ve Uluyol, 2020: 169); (Erözel Durbilmez, 2018: 44); (Sheth ve Dattani, 2019: 1); (Kim, 2020: 85).



Kaynak: Usta ve Doğantekin, Blockchain 101, İstanbul, Kapital Medya Hizmetleri, 2017:49.

Şekil 2.12. Blockchain Ağ Tiplerindeki Yetki Kapsamı

2.9.BLOK ZİNCİR (BLOCKCHAIN) EVRİMSEL DÖNÜŞÜMÜ

Geçmişten günümüze endüstriyel değişimleri göz önünde bulundurduğumuzda Blockchain teknolojisi dört büyük evrim geçirmiştir:

2.9.1.Blockchain 1.0: Para Birimi

Esas olarak para transferi, havale ve dijital ödeme sistemleri gibi nakit ile ilgili uygulamalarda kripto para birimlerini ifade etmektedir. En iyi bilinen örneği, bir merkez bankası veya tek bir yönetici olmadan çalışan bir sistemde eşler arası işlemlere izin vermek için şifreleme tekniklerinin kullanıldığı merkezî olmayan bir dijital para birimi olan Bitcoin'dir (Angelis ve Da Silva, 2019: 308).

2.9.2.Blockchain 2.0: Akıllı Sözleşmeler

Blockchain 1.0'ın bir uzantısıdır. Blockchain 2.0 ise akıllı sözleşmeleri oluşturmamıza yardımcı olan ya da çeşitli sözleşmeleri, mülkleri kayıt altına almamızı, doğrulamamızı ve transfer etmemizi sağlayan birçok uygulamayı içerir. Blockchain'de "akıllı sözleşme" iki tarafın etkileşimde olmasını sağlamanın ve aralarında bir güven oluşturmanın bir yolu gibidir. Akıllı sözleşme, iki veya daha fazla taraf arasında sözleşme olarak tanımlanan, belirli kurallar altında blok zinciri üzerinden çalışan birbilgisayar programıdır. Bu tür bir sözleşme, tarafların herhangi bir tereddüte kapılmadan birbirleriyle etkileşime girmelerini sağlar. Taraflar tanımlanmış koşulları yerine getirdiğinde akıllı sözleşme otomatik olarak uygulanır. Akıllı sözleşme, kendi kendini doğrulama, yürütme ve kurcalanmayı önleme yeteneğine sahiptir. Bu yüzden de akıllı sözleşmeler son derece güvenilirdir. Akıllı sözleşmeleri yürüten bir platformun bilinen en iyi örneği ise "Ethereum"dur (Angelis ve Da Silva, 2019: 308); (Khan, Zahid, Hussain, Faroog ve Alam, 2019: 5); (Eryılmaz, Kripto Paralardan Dijital Kimliklere Blokzincir Teknolojisinin Geleceği, Dosya / Teknoloji Filiz Eryılmaz | Kriter Dergi).

2.9.3.Blockchain 3.0: Dapps (Decentralized Applications) (Merkezi Olmayan Uygulamalar)

Dapps, merkezî olmayan uygulamalar için kullanılan bir tabirdir. Dapps, normalde blok zincirinde kullanılan, piyasada büyük bir yer edinen esnek, açık, benimsenmesi kolay ve insanlar tarafından kabul görmüş bir uygulamadır. Blockchain 3.0, merkezî olmayan uygulamaları (Dapps) Blockchain'e dâhil ederek Blockchain odağını daha da genişletmiştir. Dapps yani merkezî olmayan uygulamalar, Bitcoin ve Ethereum'da olduğu gibi Blockchain ve 2P2 teknolojileri ile çalıştırılırlar. Bir Dapps, kullanıcıları ve sağlayıcıları doğrudan birbirine bağlayan merkezî olmayan (merkeziyetsiz) eşler arası bir ağda çalışan arka uç kodundan oluşur. Merkezî olmayan ağ üzerinde çalışan Dapps tasarımı, tek noktadan arızayı önler. Dapps'leri anlamak aslında çok kolaydır ancak öncelikle normal web uygulaması kavramını açıklamamız daha faydalı olacaktır. Normal veya geleneksel web uygulamaları; kullanıcı arayüzü (ön uç) ve sunucu tarafı (arka uç) olmak üzere etkinleştirilen ve kullanılabilir hale getirilen iki ana öğeye sahiptir: Ön ve arka uç, "HTTP protokolleri" aracılığıyla birbirleriyle etkileşime girer. Bu tür uygulamalar normalde tek bir hata noktası olasılığının arttığı, merkezî bir mimaride barındırılan uygulamalar gibi birçok soruna sahiptir. Kötü niyetli saldırı, barındırma hizmetine saldırarak verileri kesintiye uğratabilir ve ciddi bir şekilde verilere zarar verebilir. Öte yandan Dapps'de, bir istemci-sunucu modelinde olduğu gibi onu kontrol eden tek bir sunucu veya varlık yoktur ve Dapps'de kullanıcı arayüzü (ön uç) normal uygulamalarla aynıdır, ancak arka uç Ethereum blok zinciri gibidir. Dapps'lerde ön ve arka uç arasındaki etkileşim veya iletişim yolu normal uygulamayla aynıdır, ancak Dapps'de kullanıcı bu ikisi arasında farklılık gösteremez. Dapps'lerde herhangi bir uygulamayı çökertmek neredeyse imkânsızdır, çünkü bu amaçla tüm dağıtılmış düğümleri indirmeleri gerekir. Bu gibi uygulamalar sayesinde veriler üzerinde değişiklik yapılması oldukça zordur (Khan, Zahid, Hussain, Faroog ve Alam, 2019: 5,6).

2.9.4.Blockchain 4.0: Endüstride Kullanım

Yaklaşık 50 yıl önce dijitalleşmiş bir toplum olmaya başladık. Bu süreç analog sistemlerden akıllı güvenlik sistemlerine doğru bir yolculuktur. Bu teknoloji çağında,

endüstriyel akıllı sistemleri geliştirmek ve dijitalleştirmek için “Nesnelerin İnterneti (IoT)”ni kullanıyoruz. Blockchain 4.0 sürümü, günlük gereksinimlerimizi karşılamamız için iş dünyasında blok zincirini kullanmamızı sağlar. Endüstri 4.0, endüstrinin otomasyonu anlamına gelir yani sanayide, yönetimde, bilimsel ve teknik işlerde insan emeği olmaksızın işlerin otomatik işleyen araçlarla yapılması bu durumda Blockchain ve yapay zekânın ortak kullanımının sonucunda olabilir. Blockchain 4.0, iş ve endüstri taleplerini yerine getirmek için tek bir çatı altında çalışmak üzere farklı platformların sorunsuz entegrasyonundan oluşur. Uygulamaları oluşturmak ve çalıştırmak için Blockchain teknolojisini iş amaçlı kullanılabilir bir platform olarak sunmayı ve böylece teknolojik olarak tamamen yaygın hale getirmeyi amaçlamaktadır. Blockchain 4.0, iş ve endüstri taleplerini karşılamak için tutarlı bir şekilde tek bir şemsiye altında çalışmak üzere farklı platformların sorunsuz bir şekilde entegrasyonunun çoğalmasını sağlar. Blockchain 4.0, yardımcı programlarını ortaya koymak için giriş platformu, çeşitli Blockchain iş modellerinin birleştirilmesini sağlayan Unibright'tır. Başka bir örnek, çeşitli hizmetler arasında farklı protokoller arasında uyumlu bir şekilde çapraz iletişime izin vererek blok zinciri alanına entegrasyona izin veren SEELE Platformu'dur. Dördüncü nesil, mevcut nesillerde şu anda imkânsız olan saniyede 1 M işleme kadar işlem hızına izin verme potansiyeline sahiptir (Panda, Jena, Swain ve Satapathy, 2021: 42).

Blockchain'in evriminde yaklaşmakta olan bir diğer olumlu ilerleme ise Blockchain 4.0'dır. Blockchain Teknolojisini, uygulamaları oluşturmak ve çalıştırmak için kullanılabilir bir iş platformu olarak sunmayı ve böylece teknolojiyi tamamen ana akıma dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Yapay zeka gibi diğer müreffeh teknolojileri Blockchain ile telkin etme imkanı vardır. Blockchain 4.0, iş ve endüstri taleplerini yerine getirmek için tek bir çatı altında çalışmak üzere farklı platformların sorunsuz entegrasyonu içerir (Khan, Zahid, Hussain, Faroog ve Alam, 2019: 5,6).

Blockchain teknolojisinin ilerlemesi kısaca özetleyecek olursak; (Bhaskar, Tiwari ve Jonhi, 2020: 42):

Blockchain 1.0; döviz ödeme sistemleri, küçük değerli ödemeler, bire bir nakit ödeme sistemi vb. İçin yaygın olarak kullanılan ilk kripto para birimidir.

Blockchain 2.0; akıllı bir sözleşme, menkul kıymet ticareti, akıllı mülk, ödeme takas, bankacılık araçları ve diğer birçok finans alanı ile ilgilenir.

Blockchain 3.0; hükümet, sağlık hizmetleri, bilim ve teknoloji, kültür ve sanat alanlarında blockchain uygulamalarının düzenlenmesi ve yönetimine odaklanmaktadır.

Blockchain 4.0; tedarik zinciri yönetimini, finansal yönetim sistemlerini, iş akışı yönetimini ve varlık yönetimini desteklemek için çapraz blok zinciri iş süreçlerinde çalışarak BT (IT veya bilgisistemleri) sistemlerinin yani iş entegrasyonu yapmasına izin veriyor ve dağıtıyor.

2.10.BLOK ZİNCİR (BLOCKCHAIN) TEKNOLOJİSİNİN SAĞLADIĞI AVANTAJLAR VE DEZAVANTAJLAR

2.10.1.Blockchain'in Avantajları

(Golosova ve Romanovs, 2018); (Akleylek ve Seyhan, 2018: 31).

- Üçüncü bir tarafı ortaya çıkaran kuruluş veya merkezî bir yönetici ile çalışma zorunluluğunu ortadan kaldırır.
- Blockchain, global bir veri deposudur; isteyen herkes erişim sağlayabilir.
- Blockchain'de değişmezlik temin edilir. Her eylem Blockchain'e kaydedilir, kayıtlara Blockchain'in bütün katılımcılarıerişebilir ve kullanabilir. Ancak veriler üzerinde değişiklik yapılamaz ve silinemez.
- Blockchain şeffaftır, tüm kullanıcılar ağdaki eski ve yeni kayıtlara ulaşabilir.
- Blockchain'in güvenilirliği, birbirini tanımayan iki veya daha fazla katılımcının inancına dayanmaktadır.
- Blockchain'e katılan her işlem, bu Blockchain ağındaki her bilgisayar tarafından kopyalanır.
- Blockchain kullanıcıları, tüm işlemleri ve bilgileri kontrol etme yetkisine sahiptir.
- Blockchain, her türlü sorunu gösterebilecek ve gerekirse düzeltebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu avantaj, Blockchain teknolojisinin izlenebilirliğini sağlar.
- Blockchain teknolojisinin yüksek güvenilirliği, ağa bireysel olarak giriş yapıldığında sağlanır. Çünkü Blockchain'e giren her kişiye, hesabına bağlı

benzersiz kimlik verilir.Blockchain güvenliğinin bir başka nedeni de kriptografik hash'in güvenilir zinciridir.Yeni blok oluşturulduğunda blok için hash değerinin hesaplanması gerekir.Yeni karma kesinlikle önceki karmanın değerini içerir.Genel olarak hash; blok tipi, blok ID numarası, önceki hash değeri, blok oluşturulduğu zaman, kullanıcı ID numarası, madenci seviyesi, önceki işlemler ve hash'leri ile ilgili bilgilerin saklandığı merkle kökünden oluşur.Bu karma, düğüm anahtarı tarafından otomatik olarak oluşturulur.Bu durumda hash değerindeki herhangi bir bilgiyi değiştirmek mümkün değildir.

- Blockchain teknolojisi, ekosistemin basitleştirilmesidir çünkü tüm işlemler tek bir genel muhasebe defterine eklenir.
- Son olarak da hızlı işlem olduğunu söyleyebiliriz. Geleneksel olarak işlemin işlenmesi ve bankacılık organizasyonuna başlatılması çok zaman alır.

2.10.2.Blockchain’in Dezavantajları

(Golosova ve Romanovs, 2018); (Akleylek ve Seyhan, 2018: 31).

- Blockchain'in ana dezavantajı yüksek enerji tüketimidir. Gerçek zamanlı bir defter tutmak için güç tüketimi gereklidir. Yeni düğüm her oluşturulduğunda ve birbirleriyle ve diğer düğümlerle iletişim kurar. Bu şekilde şeffaflık sağlanmış olur. Ağın madencileri, işlemleri doğrulamak için çabalamaya başladıklarında saniyede çok sayıda çözüm üretmeye de başlarlar.Bunu yaparken de yüksek bilgisayar gücü kullanırlar.Her düğüm, aşırı düzeyde hata toleransı sağlar, sıfır kesinti süresi sağlar ve Blockchain'de depolanan verileri sonsuza dek değiştirilemez ve sansüre dayanıklı hale getirir.Ancak elektrik ve zaman kaybına neden olan bu eylemler, her bir düğüm, fikir birliğine(konsensüs) varmayı tekrarladığında israfa yol açar.
- Blockchain’de veri çoğaltmak için fazladan alan gereklidir.
- Blockchain yapısının garanti ettiği şeffaflık ilkesi ile ağ üzerinde yapılan her işlemin bir kopyasının elde tutulması ve içeriğine ulaşılabilmesi, kullanıcıların gizliliğine ve saygınlığına zarar verebilir.
- Blockchain teknolojisinde bir verinin ağa eklenmesi uzun zaman alır.

- İmza doğrulama, Blockchain'in zorluğudur çünkü her işlemin kriptografik şema ile imzalanması şarttır. Hesaplama işleminden imzaya kadar büyük bilgi işlem gücü gereklidir. Yüksek enerji tüketiminin nedenlerinden biride budur.
- Bir diğer büyük dezavantaj ise yüksek maliyetlerdir. İşlemin ortalama maliyeti 75 ile 160 dolar arasındadır ve bunun büyük bir kısmı enerji tüketimini karşılar.
- Blockchain'in başlangıç sermaye maliyeti yüksektir.

2.11.BLOK ZİNCİR SALDIRILARI VE SORUNLARI

Blockchain, PoW ve PoS protokollerine bağlanan farklı tehditler tarafından saldırıya uğrayabilir.

- **%51 saldırı**: Bu, iki madenci aynı anda bloğun hash değerini hesaplayıp aynı sonuçları aldığında gerçekleşir. Bu durumda Blockchain bölünecek ve sonuç olarak kullanıcılar iki farklı zincire sahip olacak ve böylece her ikisi de doğru kabul edilecektir.
- **Çift harcama**: Bu saldırının prensibi önceki saldırı ile aynıdır ancak burada zincirin bölünmesi parayı tekrar harcamak için kullanılabilir.
- **Sybil'in saldırısı**: Bir düğüm birkaç özü kabul ettiğinde saldırı gerçekleşir çünkü ağ fiziksel makineleri gerçek olarak ayırt edemez. Sybil'in saldırısı, Blockchain'i kontrolü altındaki kullanıcılarla doldurmaya yardımcıolabilir.Önceki iki saldırıya ve tüm işlemleri özel programlarla görme yeteneğine yol açabilir.
- **DDos'un saldırısı**: Saldırı, büyük miktarda benzer isteklerden oluşur.DDos saldırısında koruma vardır blok boyutu 1 MB'a kadar, her komut dosyasının boyutu 10000 bayta kadar, 20000'e kadar imza kontrol edebilir ve çoklu imzanın maksimum sayısı 20 anahtardır.
- **Kriptografinin kırılması**: RSA şifrelemesini kırabilen 'Shora' gibi kuantum algoritmalarının kullanılması mümkündür. Bilim adamları, Hash fonksiyonlarına dayanan kriptografik algoritmalar üzerinde çalışıyorlar (Golosova ve Romanovs, 2018).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KRİPTO PARA MADENCİLİĞİNİNENERJİ TÜKETİMİ VE ENERJİ PİYASALARI İLE İLİŞKİSİ

Bu bölümdekripto para madenciliğinin enerji tüketimi ve enerji piyasaları ile ilişkisiyer almaktadır. Öncelikli olarak kripto para nasıl üretilir yani madencilik (mining) kavramı üzerinde durup konunun devamındaise enerji tüketiminin çevresel boyutlarını açıklamaya çalışacağız.

3.1.MADENCİLİK (MİNİNG, MİNER VEYA HARDWARE MİNİNG)

Kripto para elde etmenin birkaç yolu bulunmaktadır. İlk olarak bazı kurumlar vasıtasıyla direkt satın alma, ikinci olarak yapılan bazı ticarî işlemler sonucunda gelir olarak kabul etme, son olarak da madencilik yoluyla elde etmektir. Kripto para ortaya çıkarma, "madencilik" olarak ifade edilir. Her kripto paranın birbirinden ayrı madencilik metodu bulunur (Güven ve Şahinöz, 2021: 64) Madenci (mining, miner veya hardware mining) ya da kayıt tutucu, blok oluşturmaktan sorumlu kişileri ifade ederken madencilik; basit bir tabirle matematiksel bir problemi, bilgisayar sayesinde sonuca ulaştırmaktır. Blokzincir madenciliği, merkezî bir otoriteye dayanmayan, bilgi işlem gücü olan, bir kriptografik bulmacayı çözme süreci olarak tanımlanabilir. Bu bulmacayı çözmek de enerji yoğun bir süreçtir ve maliyetlidir (Ciaian, Kancs ve Rajcaniova, 2021: 7,8).

Bloklar, kimliği doğrulanmış (onaylanmış) bir dizi işlem içerir. Madenciler sisteme yeni bir blok ekledikleri takdirde her blok için ödül, yeni ve önceki işlem bloklarına dayanan, tahmin ve kontrol algoritmaları kullanılarak hesaplama problemini (hash fonksiyonu) ilk çözen madenciye tahsis edilir. Kazanan madenci, hem yeni işlem bloğunu hem de hesaplama probleminin çözümünü tüm merkezî olmayan ağdayayınlar; diğer tüm ağ katılımcıları "kabul edilen bloğun karmasını önceki karma olarak kullanıp zincirdeki bir sonraki bloğu oluşturmaya çalışarak yeni bloğu kabul ettiklerini ifade ederler."Madencinin hesaplama kapasitesi,ana madencilik girdisidir; performansı, belirli bir madencilik makinesinin çalışma hızını ölçen bir hash oranı ile ölçülür. Genellikle, hash oranı saniye başına hash (h/s) cinsinden ifade edilir. Örneğin, saniyede100 hash

hızında çalışan bir madencilik makinesi, saniyede 100 tahmin yapar. Bu nedenle hash rate, hesaplama problemini sürekli olarak çözmek ve blokları oluşturmak / kaydetmek için blok zincirinin ne kadar bilgi işlem kapasitesi dağıttığını ölçer. Bir madencilik bilgisayarının hesaplama problemini çözmek için birçok tahminde bulunması gerektiği göz önüne alındığında daha yüksek hash oranı, bir madencinin saniyede daha fazla tahminde bulunmasına izin verir; böylece hesaplama problemini ilk çözenin, ödülü alma şansı artar. Ağ hash oranı (hash rate) aynı zamanda altta yatan Blockchain kurumsal yönetim teknolojisinin güvenliğini ve istikrarını da belirler (Ciaian, Kancs ve Rajcaniova, 2021: 7,8).

Süreci biraz daha detaylandıracak olursak hash değerleri, ikişer ikişer sınıflandırılarak yeni bir hash elde edilir. Ve bu süreç Merkle kökü elde edilene kadar devam eder. Madenci, bu süreçten sonra artık kriptografik bulmacayı çözmeye odaklanır. Kriptografik bulmaca "blok header (blok başlığı)" hash değerini bulmaya çalışmaktır. Hash değerini bulmak içinde daha önceki konularda bahsettiğimiz gibi "nonce" değerini artırıp azaltarak hash değeri bulunmaya çalışılır. Bu işlem uygun özüt değeri(hash) elde edilinceye kadar sürer (Güven ve Şahinöz, 2021: 64).

Tüm bu yapılan işlemler kriptografik bulmacayı çözüp ödülü elde etmek için sürekli tekrarlanarak devam eden bir döngüyü meydana getirir. Fakat bu duruma bağlı olarak sistemin bir dezavantajına dikkat çekmek gerekirse kriptografik bulmacayı çözmek, enerji yoğun bir süreci işaret eder ve bu süreç oldukça maliyetlidir. Bu yüzden madenciler, elektrik enerjisi maliyetine katlanmak zorunda kalırlar.

Tablo 3.1. Bitcoin Madenciliğinin Yıllara Göre Süresi

Yıl	Bir Bitcoin Madenciliği Zamanı
2010	1 sanye
2011	20 dakika
2012	2 saat
2013	13 saat
2014	23 gün
2015	34 gün
2016	46 gün
2017	102 gün
2018	2 yıl
2019	5 yıl
2020	5 yıl
2021	10 yıl

Tablo 3.2. Bitcoin Madenciliği Maliyetleri (2009-2021)

Yıl	Maliyet
2009	Birkaç saniyelik ev elektriği
2021	9 yıl ve 12.500 dolarlık ev elektriği

Kaynak: https://buybitcoinworldwide.com/bitcoin-mining-statistics/

Kripto para madencilerinin tükettiği enerjinin sebebini ise şu 4 madde ile açıklayabiliriz:

1. Madencilik için kullanılan donanımların elektrik tüketimi
2. Ağ hashrate, ağdaki tüm madencilerin eşzamanlı olarak problemin çözümlerini tahmin ettiği birleşik oran
3. Problemi çözmenin zorluk derecesi
4. Soğutma ve aydınlatma gibi gereksinimlerin elektrik tüketimi(Kamiya, 2019).

Sistemi aktif, kullanılabilir bir konuma getirmek ve soğutmak için yüksek miktarda enerji kullanılır ve yeterli donanım ile birlikte internete sahip bütün kişiler madencilik işine girebilir. Bitcoin'in ilk günlerinde (2009) meraklılar Bitcoin madenciliği yapmak için standart merkezî işlem birimleri (CPU'lar) kullandılar. Ekim 2010 itibariyle madenciler, madencilik zorluğu arttıkça daha güçlü grafik işlem birimleri (GPU'lar) kullanmaya başladılar. Bu süreçte iyi bir performans elde etmek isteyen madenciler, özel araç ve gereçlere ihtiyaç duydular. Haziran 2011 itibariyle, madenciler giderek daha büyük ve endüstriyel operasyonlar içindaha güçlü ve (ancak daha az enerji verimli) sahada programlanabilir geçit dizisi (FPGA) donanımı kullandılar ve bir yıl sonra da uygulamaya özel tümleşik devreler (ASIC'ler) girdi. Daha kârlı olan bu grafik kartları(ASIC'ler) Bitcoin madenciliği yapmak için amaca yönelik oluşturulmuş çiplerdir. En son ASIC'ler, 2009'da kullanılan CPU'lara göre hem daha güçlü hem de daha fazla enerji verimli olup Bitcoin madenciliğinde yaklaşık 50 milyon kat daha hızlı (H/s) ve bir milyon kat daha fazla enerji verimlidirler (H/J). Bu sürecin madencilik olarak adlandırılmasının sebebi ise değerli madenler gibi kolaylıkla bulunulamıyor olmalarıdır (Nebil, 2018: 56); (Kamiya, 2019).

3.2.MADENCİLER NE İŞ YAPAR?

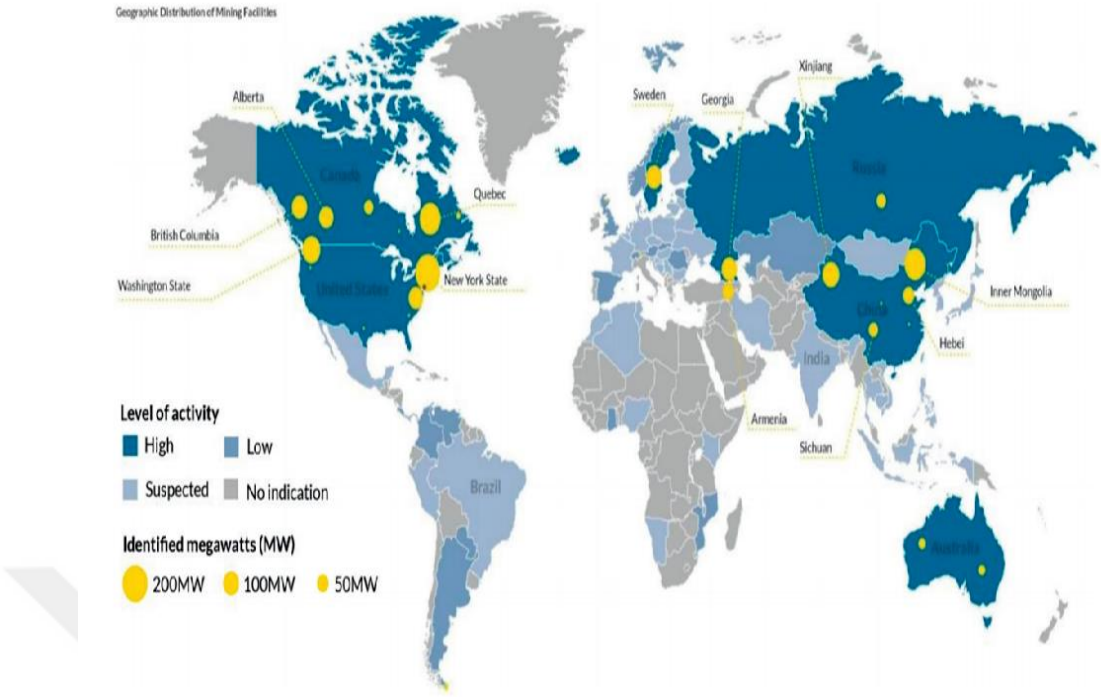
- ✓ Eklenmiş işlemleri inceler.
- ✓ İşlemlerden uygun olanları doğrular(onay).
- ✓ İşlemleri blokların içine gönderir.
- ✓ SHA256+(Data)+(bir karelik rakam) oluşan sayıyı bulur.

"SHA256" şifreleme algoritmasıdır. "Bir karelik rakam" ise gelişigüzel bir sayıdır. Madenciler ise "bir karelik rakam" bulmak için sayısız gelişigüzel sayıyı çözmeleri gerekir. Veri ise blok yapısındaki işlemlerin özeti ile ondan önce gelen bloğun özetinin karmasıdır (Nebil, 2018: 57).

3.3.MADENCİ HAVUZU

Madencilik işi, bir madenci tarafından gerçekleştirilebileceği gibi havuz şeklinde de olabilir. Havuz (pool), birçok ülke ya da belirli bir alan içerisinde birçok madencinin bir arada çalışması olarak tanımlanabilir. Tek bir madencinin bir blok bulması zorolduğundan madenciler genellikle bir veya daha fazla madencilik havuzuna katılırlar ve daha az miktarda donanım ve yazılım gibi araçlara bedel öderken bir arada olmalarından kaynaklanan hesaplama güçleri ile problemi çözmeleri daha da kolay bir hal alır. Madencilikdünyanın her yerinde, genellikle de bol miktarda ucuz enerjinin olduğu her yerde yapılır. Yıllardır Bitcoin madenciliğinin büyük bir kısmı Çin'de yapıldı ancak son zamanlarda yaşanan olumsuzluk ve çevresel sorunlar nedeniyle ülke, sert önlemler almayabaşladı.

Aşağıda yer alan haritada madencilik havuzları ve bu havuzların nerelerde yoğunlaştığını ülkeler bazında görebiliriz. Madencilik; havuz yoğunluğunun %81'ini Çin, %10'unu Çek Cumhuriyeti, %2'sini ise ayrı ayrı İzlanda, Japonya, Gürcistan ve Rusya oluşturuyor (Nebil, 2018: 57); (Qin,Yuan ve Wang, 2018: 748); (Ergün, 2022: 143); (Aydemir, 2020); (Corbet, Lucey ve Yarovaya, 2021).



Kaynak: Yılmaz ve Kaplan, 2022: 153.

Şekil 3.1. Kkripto Kazım Havuzlarının Ülkeler ve Bölgeler İtibariyle Dağılımı

Aşagıdaki tabloda madencilik havuzlarından ilk 5'te yer alanları ve bunların hash güçlerini görmekteyiz:

Tablo 3.3. Madencilik Havuzları

	Havuz (Pool)	**Hash Gücü (Hash Power)**	**Değişim (Change)**
1	Foundry USA Pool	66.50 EH/s (26.56 %)	0.18 %
2	AntPool	53.14 EH/s (21.22%)	6.15 %
3	F2Pool	37.15 EH/s (14.83%)	0.48 %
4	Binance Pool	25.37 EH/s (10.13%)	16.44 %
5	ViaBTC	23.82 EH/s (9.51%)	0.05 %

Kaynak:https://chainbulletin.com/bitcoin-mining-map/ Erişim: 25.12.2022

3.4.KRİPTO PARA MADENCİLİĞİNİN ENERJİ TÜKETİMİ

3.4.1. Enerji Kavramı ve Enerji Kaynakları

Eski çağlardan günümüze kadar gelen süre boyunca insanlar hayatlarının her evresinde enerjiye ihtiyaç duymuşlardır. Gerek ısınma gerek barınma gibi temel ihtiyaçların karşılanmasında gerekse modern yaşamın birçok alanında enerjiye ihtiyaç

duyulmuştur. Böylece enerji, yaşamın temelini oluşturmuştur. Yeryüzünde meydana gelen her olayın temelinde enerji vardır. Şehirleşme seviyesindeki artışla beraber sanayileşme seviyesinin de artışı; kişiler, şirketler ve ülkeler arasında enerjiye olan ihtiyacın artmasına neden olmuş böylece enerji, insanlığın sürdürülebilmesinde ve gelişmesinde önemli bir konuma gelmiştir. Hayatımızın her alanında var olan enerji kaynakları, dönemimizin birincil tüketim maddesi olurken vazgeçilmesi pek olası olmayan bir uygarlık aracıdır (Özcan, 2018: 5); (Bulut, 2020: 3); (Tamer, İzgeç ve Sözen, 2020).

Enerji, Türk Dil Kurumuna göre "maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç" olarak tanımlanmakta ve Yunanca "energeia" sözcüğünü oluşturan en (iç, içinde) ve ergon (iş, çalışma) sözcüklerinin birleşiminden türemektedir (Subaşı, 2019: 14); (Özcan, 2018: 5).

Günümüzde gelişmiş toplumlar tarafından kullanılan enerji tüketimi gelişmişlik düzeyi ile doğru orantılı olarak her geçen gün artmaktadır (Karcıoğlı, Ağırman ve Özcan, 2017: 301). Yani insanların yaşam standartlarında oluşan değişiklikler, aynı oranda enerji tüketimini de etkilemektedir; enerji yaşam standartlarını yukarıya çıkaran ve herhangi bir kesinti söz konusu olduğunda kalkınma ve refah seviyesini olumsuz etkileyecek bir güce sahiptir. Tüm bu durumlar çeşitli enerji kaynaklarının da ortaya çıkmasına sebep olmaktadırlar. Güneş, petrol, rüzgâr, akarsu gibi kaynaklardan enerji meydana getirilebilirken zamanla artan enerji ihtiyacı çeşitli enerji sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Daha fazla enerji ihtiyacı, yeni enerji kaynaklarının bulunmasına ve var olan kaynakların daha verimli ve etkin bir şekilde kullanılmasına bağlıyken gereksiz yere enerji kullanımı da azaltılmalıdır çünkü fosil yakıtların aşırı kullanımı gelecek nesillerin hayat standartlarını negatif yönde etkilerken çeşitli çevresel sorunlara da yol açacaktır (Özpınar, 2020: 64); (Tunalı ve Ulubaş, 2017: 2); (Samancı, 2019: 4,5).

Enerji kaynakları birincil ve ikincil olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Onlarda kendi içinde yenilenebilir veya yenilenemez kaynaklar olmak üzere iki türdesınıflandırılır. Yenilenemeyen enerji kaynakları fosil yakıtlardan (kömür, petrol, doğalgaz vb.) oluşurken, yenilenebilir enerji kaynakları güneş ve rüzgâr gibi kaynaklardan oluşmaktadır (Özcan, 2018: 5).

Tablo 3.4. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

<table>
<tr><th colspan="5">ENERJİ KAYNAKLARI</th></tr>
<tr><th colspan="4">BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI</th><th>İKİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI</th></tr>
<tr><td rowspan="4">GELENEKSEL</td><td>YENİLENEMEYEN KAYNAKLAR</td><td>YENİLENEBİLİR KAYNAKLAR</td><td rowspan="4">ALTERNATİF</td><td rowspan="4">Elektrik
LPG</td></tr>
<tr><td>Petrol
Kömür
Doğalgaz
Nükleer enerji</td><td>Güneş
Rüzgar
Hidrolik enerji
Jeotermal enerji
Biyokütle enerji</td></tr>
<tr><td>Temiz olmayan kaynaklar</td><td>Temiz kaynaklar</td></tr>
<tr><td>Tükenebilir kaynaklar</td><td>Tükenmeyen kaynaklar</td></tr>
</table>

Kaynak:(Bulut, 2020: 5).

Birincil enerji kaynakları, doğa üzerinde kendiliğinden var olan herhangi bir değişime tabi olmamış enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynaklarının bir alt türü olan yenilenebilen enerji kaynakları ise, doğal kaynaklardan elde edilir ve kullanıldıkça kendini yenileyebilen enerjilerdir. Yenilenemeyen enerji kaynakları ise, sınırlı rezerve sahip, doğada bulunan ama kullanıldıkça azalan ve rezervi bitince kıt kaynağa dönüşecek olan, kendini yenileyemeyen enerjilerdir. İkincil enerji kaynakları ise birbirine dönüştürülmüş enerji kaynaklarıdır. (Samancı, 2019: 6, 10, 11).

3.4.1. Enerji Tüketimi

Kripto madenciliğinde, dijital paraların takas edilmesinde ve kayıtlarının takibinde, kriptografik ilkelerin ve matematiksel algoritmaların hâkim olduğu bir yazılım bulunmaktadır. Bugün sayıları 10.000'nin üstünde olan Kripto paralar hızlı fiyat hareketleri, oluşturdukları volatilite ve spekülatifmaksatlı kullanılmaları, birçok yatırımcı için çekici olmalarını sağlamaktadır. Aynı zamanda çekici olmalarının bir başka nedeni de kara para aklama gibi yasa dışı işlemlerde kullanılabilir olmalarıdır.

Kripto paraların finansal sistem üzerindeki etkisinin yadsınamaz olmasına karşın madencilik işlemlerinin enerji kaynaklı olması, madencilik işlemleri sırasında meydana gelen enerji tüketimi, karbon salınımı ve bu süreçte ortaya çıkan çevresel etkiler, kripto

paraların özellikle de Bitcoin tartışmalarını gündeme taşımıştır. Küresel çapta kullanılan enerjinin %81'inin fosil yakıtlardan karşılanıyor olması ve kripto para madenciliğinin gittikçe artan oranda kullandığı enerji tüketimi bu konuyu daha da önemli bir noktaya taşımaktadır (Yılmaz ve Kaplan, 2022: 147).

Kripto paraların özellikle de Bitcoin madenciliğinin ortaya çıkardığı enerji tüketimini anlatmadan önce enerji tüketiminin sistem üzerinde neden kaynaklandığını açıklayalım. Öncelikle kısaca kripto para sisteminin temeli olan ve çalışmasını sağlayan "Blockchain" den kısaca bahsedelim. Genel anlamda Blockchain teknolojisi, aracıların katılımı olmadan güvenli işlemlerin yapılmasına olanak sağlayan, matematik kuralları ve yazılım algoritmalarından oluşan endüstri, kamu sektörü ve bireylere hitap eden bir sistemdir. Blockchain teknolojisi, Distributed Ledger Technology – DLT olarak isimlendirilen dağıtık defter teknolojisi ile işleyen, blokların ve kayıtların hash ile birbirine bağlanması sonucunda gelişen bir sistemdir. Blockchain teknolojisi üzerine inşa edilen ilk uygulama olan Bitcoin, tüm katılan bilgisayarların (düğümler) ilgili defterlerin bir kopyasını veya daha doğrusu, ayırt edici bir yönetici olmadığı için bir kopyasının sakladığı merkezî olmayan bir ödeme sistemidir. Bu dağıtık defter genellikle kişinin, belirli bir varlığın mevcut mülkiyet haklarını belirten bir hesap koleksiyonu olarak tanımlanır (Seldmeir, Buhl, Fridgen ve Keller, 2020: 600); (Yılmaz ve Kaplan, 2022: 147).

Kripto para sistemin çalışmasındaki bir diğer önemli faktör ise iş ispatı (proof of work) konsensüs algoritmasını kullanıyor olmasıdır. Bu da düğümlerin bir yarış içerisinde işlem güçlerini kullanarak matematiksel bir problemi çözmesiyle yürüyor. Düğümlerin bu yarışta ihtiyaç duyduğu enerji, hem dağıtık sisteme katkı sağlamayı hemde ondan dünyanın her yerinde yararlanmayı olabildiğince âdil hale getiriyor. (Aydemir, 2020)

Kripto paraların oluşturulma süreci ise "kripto para madenciliği (crypto mining)" veya "kripto kazıcılığı" olarak adlandırılır. Madencilik, süreçlerin doğrulanmasını ve işi gerçekleştirenlerin kayıt altına alınmasını sağlar. Madenciler, sistemin bir güven içerisinde işlemesini ve gerçekleşen işlemlerin deftere kaydını yaparken Blockchain sisteminin tüm kullanıcılara açık olması, sistemin kullanıcılar tarafından kontrol edilmesini sağlar. Bitcoin'in adını ilk duyurduğu zamanlar madencilik faaliyetleri

oldukça az, üretim kolay ve fazlayken zamanla kripto para birimleri ve Bitcoin' e olan ön yargılar kırılıp birçok kişinin bu piyasaya girişi ile madenci sayısı artmış ve hash üretimi zorlaşmıştır. Bu durum, kripto para madenciliğini güçleştirmiş ve yüksek bir enerji tüketimi ortaya çıkmaya başlamıştır. Günümüzde madencilikle uğraşan kişilerin sayısının 1 milyon olduğu düşünülmektedir (Yılmaz ve Kaplan, 2022: 151).

Madenciliğin daha net anlaşılması için hash oranının (hash rate) detaylı bir şekilde bilinmesi gerekir. Daha önceki bölümde anlatıldı fakat bu konu içerisinde enerji kullanımı ile ilgisinden bahsedeceğiz. "Hash oranı" (karma) madencilik cihazlarının çalışma hızı ya da kazım gücü için harcanan gayreti ifade eder. Hash hızı, her saniye için hash (h/s) dır. Madencilik cihazları çeşitlerine göre "Megahash (Mh) veya Terahash (Th)" gücü oranında ortaya çıkardıkları hash miktarına göre tahminde bulunarak matematik problemini çözüp blok ödülünü almak için uğraşırlar. Saniyede karma/ hash formülü ile bulunur (Ergün, 2022: 143).

1 MH / s, saniyede 1.000.000 karmadır.

1 GH / s, saniyede 1.000.000.000 karmadır.

1 TH / s, saniyede 1.000.000.000.000 karmadır.

1 TH / s, saniyede 1.000.000.000.000 karmadır (Ergün, 2022: 143);

(Finanswebde, 2022)

Terahash (Th/s) olarak ifade edilen terim ise madencilikteki maksimum üretim gücü değeridir. 1 Terehashes (1Th/s) üretim gücü 1 trilyon hesaplama işleminin oluşturulduğunu ifade eder. Daha somut bir halde açıklayacak olursak Bitcoin hash oranlarına bakabiliriz. 2020 yılı sonunda 135 Th/s iken, 2021 yılı sonunda 174 Th/s'ye, 2022 yılı sonunda ise 238 Th/s'ye yükselmiştir. Bu durumda "Terahashes" maliyeti şeklinde ifade edilen 1 Bitcoin'in madenciliği 16.000 dolar seviyelerine kadar yükselmiştir. Tabi ki söylediğimiz bu değer ülke bazında değişiklik seyredebilir. Algoritmalarda ki zorluk seviyesinin zamanla yükselmesi madencilik işlemlerinin de daha fazla güç gerektirmesine sebep olmuş, bu durum da maliyetleri yükseltmiştir. 2020 yılında blok başına kazanılacak miktar, 6,25 Bitcoin'dir. 2024 yılında ise bu oran yarıya inecektir. Zamanla tek bir madencinin bloku çözüp ödülü alması zorlaşacağı için sistem üzerindeki birçok madenci güçlerini bir araya getirerek o bloku çözüp ödülün

sahibi olmaya çalışırlar, burada ödül madencilerin sistemde öne sürdüğü Th ve Mh gücü oranında pay edilir (Yılmaz ve Kaplan, 2022: 152).

Kaynak: https://www.blockchain.com/explorer/charts/hash-rate

Grafik 3.1. 2020-2023 Arasındaki Dönemde Toplam Hash Oranındaki Gelişimi Göstermektedir.

3.4.2. Enerji Maliyeti

Bugün, sürekli çalışan donanımın aşırı ısınmasını önlemek için son derece özel makinelere, çok paraya, büyük bir alana ve yeterli soğutma gücüne ihtiyaç vardır. Bu nedenle madencilik artıkşirketlerin veya insan gruplarının sahip olduğudev veri merkezlerinde gerçekleşmektedir.2013 yılı itibariyle de özel donanım gerektiren cihazların kullanılmaya başlanması ile kripto para madenciliği yapmanın maliyeti artışevresine geçmiştir(Aydemir, 2020). Bu maliyet artışının sebebi ise şu üç unsurdan kaynaklanır:

- Enerji maliyeti,
- Bakım maliyeti (altyapı ve soğutma) ve
- Donanım satın alma ve yenilemedir.

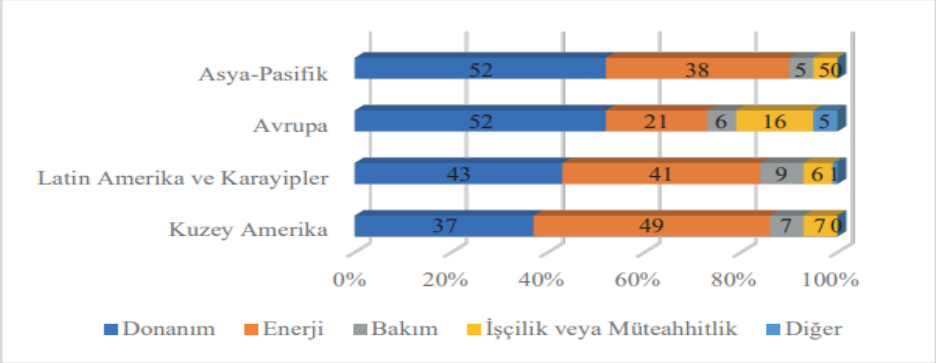
Bu üç maliyet kalemlerinden %45 pay ile “donanımı satın alma ve yenileme” maliyeti ilk sırada yer alırken ikinci sırada ise %42 payla “enerji maliyeti”dir. Zamanla maliyet kalemlerinin paylarında ve sıralamasında değişiklik olabilir.

Enerji maliyetleri birden fazla faktörden etkilenir. Sırasıyla,

- Donanımın hesaplama gücü (üretimin hangi cihazla yapıldığı)
- Hash oranı
- PoW (iş ispatı zorluk derecesi)

- Madenciliğin yapıldığı konum
- Soğutma sistemleri için harcanan elektrik miktarı

Elektrik maliyetlerine ülkeler açısından baktığımızda ise 0,02-0,06 dolar/kWh arasında değişim göstermektedir. Bitcoin için bu maliyet 2.000-6.000 dolar arasındadır. Küresel çapta baktığımızda madencilerin ödediği elektrik fiyatı ortalama 1 kWh başına 0.046 dolardır (Yılmaz ve Kaplan, 2022: 154).



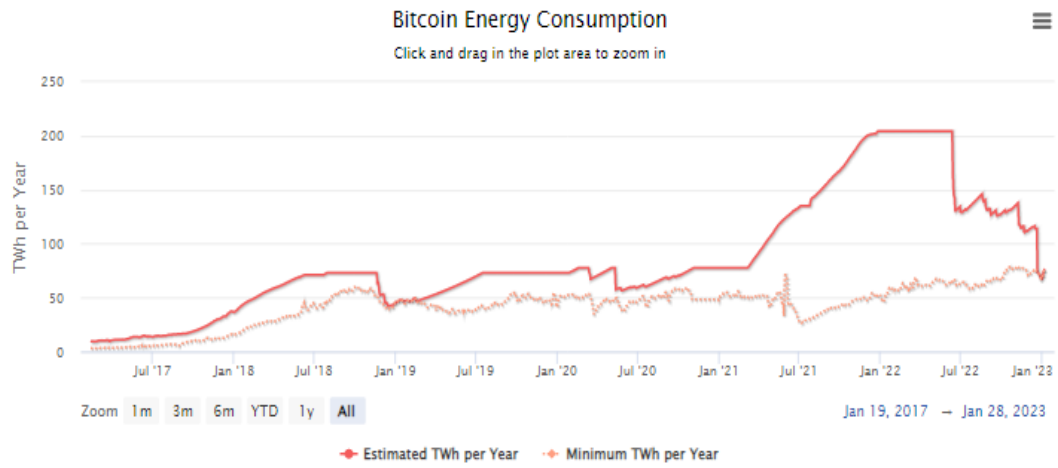
Kaynak: Yılmaz ve Kaplan, 2022: 154

Grafik 3.2. Kripto Madenciliğinde Maliyet Kalemlerinin Bölgeler İtibariyle Dağılımı

Cambridge Üniversitesi tarafından yapılan bir analize göre, Bitcoin yıllık olarak Arjantin'in tamamı ve Birleşik Arap Emirlikleri'nden daha fazla elektrik kullanıyor. Cambridge Alternatif Finans Merkezinden alınan veriler, Bitcoin'in 121,05 terawatt-saat(TWh) elektrik tüketiminin 121 TWh ile Arjantin'i ve 113,20 TWh ile Birleşik Arap Emirlikleri'ni geride bıraktığını ve 122,20 tüketim ile Norveç'inkine yaklaştığını gösteriyor (Temizer, 2021).

Cambridge araştırmacıları, Bitcoin'in kullandığı enerjinin İngiltere'de 27 yıldır kullanılan tüm su ısıtıcılarına güç sağlayabileceğini söylediler. Bitcoin için tüketilen elektrik, dünyadaki tüm enerji tüketiminin kabaca %0,5'ine karşılık geliyor (Temizer, 2021), (Tuwiner, 2023).Bir Bitcoin işlemi 1.200 kWh'ye kadar enerji harcayabilir. Bu da neredeyse 100.000 VISA işlemine eşdeğerdir. Bitcoin ağı, her yıl ABD tarafından kullanılan elektrik miktarının yaklaşık % 2'sini kullanıyor. Bitcoin birçok ülkeden daha fazla elektrik kullanıyor. Bitcoin, Google'ın tüm küresel operasyonlarından 7 kat daha fazla elektrik kullanıyor (Tuwiner, 2023). Madencilik için gerekli olan enerji tüketiminin artışı, gelecek yıllarda artmaya devam edecek ve bunun sonucu olarak da bu

enerjinin karşılanamaması durumunda ise kripto para sisteminin çökmesi muhtemel olacaktır (Truby, 2018).



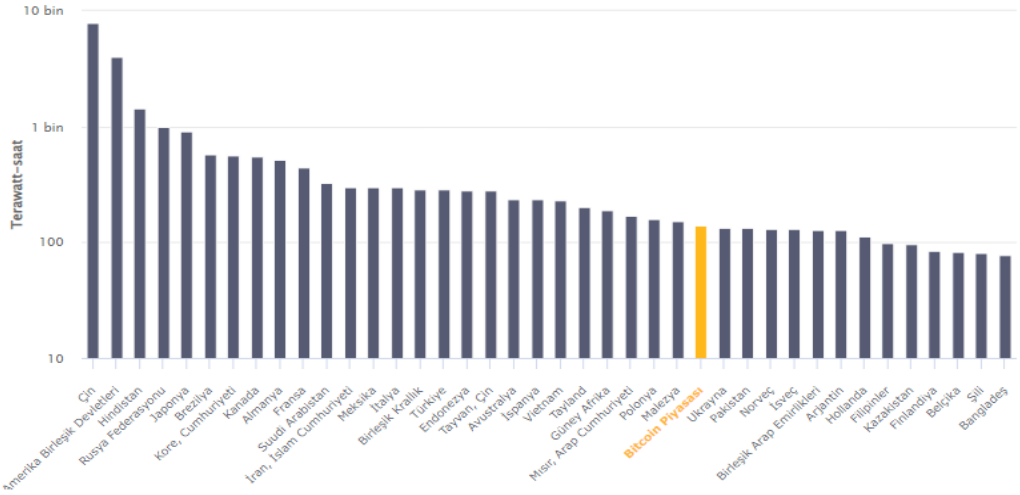
Kaynak: [Bitcoin Enerji Tüketim Endeksi - Digiconomist]

Grafik 3.3. Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi

Cambridge Üniversitesinin Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi tahminine göreBitcoin'in enerji kullanımı, küresel elektrik tüketiminin %0,38'ini oluşturuyor ve Belçika ve Finlandiya gibi ülkelerin elektrik kullanımını aşıyor. Yoğun Bitcoin enerji kullanımının ardındaki sebep, işlemlerin geçerliliğini doğrulamak ve tüm ağın güvenliğini sağlamak için kripto para birimi ekosistemi tarafından benimsenen, hesaplama açısından zorlu konsensüs mekanizmasından kaynaklanmaktadır (Zhang, Chen, Lau, ve diğerleri, 2023: 2).

Enerji tüketiminde fark edilen yükselişin nedeni, madencilik işlemlerinin yüksek miktarda elektrik harcaması, madencilik için gerekli olan yüksek donanımlı bilgisayarlara ihtiyaç duyulması, bundan kaynaklı olarak da yüksek maliyet unsurunun ön plana çıkmasıdır. Bitcoin madenciliğinin maliyeti, tahmini 2 milyar dolara karşılıkgelmektedir. Bu maliyetin tolere edilmesinin sebebi ise merkezi bir otoritenin ve herhangi bir saldırının olmadığı, alım ve satım işlemlerinin belirli bir güvene dayalı yapılmasının sağlanmasıdır. Enerji açısından olaya bakıldığında kullanıcı ve yatırımcılar, bu durumu çözmek için enerji maliyetlerinin düşük olduğu bölgeleri ilk sırada tercih ediyorlar. Daha önce söylediğimiz gibi bu açıdan Çin ilk tercih edilen ülkelerden biridir. Türkiye açısından baktığımızda ise ülkemizde elektrik fiyatlarının ve

donanım malzemelerinin fiyat olarak yüksek olması tercih edilen ülkeler arasında geri planda kalmasına neden olmaktadır (Yılmaz ve Kaplan, 2022: 158).



Kaynak: Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI) (ccaf.io)

Grafik 3.4. Bitcoin Elektrik Tüketiminin Ülke Sıralaması ve Yıllık Elektrik Tüketimi

Tablo 3.5. Bitcoin Elektrik Tüketiminin Farklı Ülkeler ile Karşılaştırılması

Ülke	Enerji Tüketimi (TWh)
Çin	7805
Amerika Birleşik Devletleri	3979
Hindistan	1442
Rusya	996
Norveç	130
Bitcoin	95
Şili	81

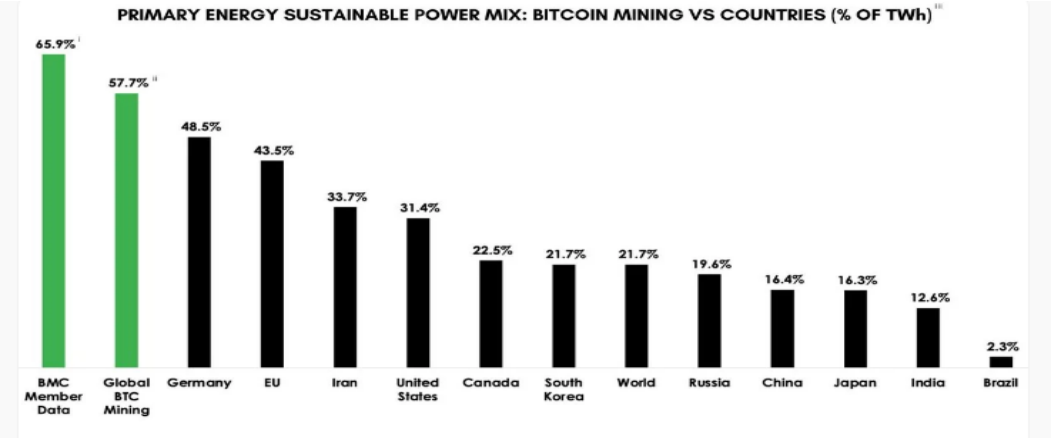
Kaynak: Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI) (ccaf.io)

Tablo 3.6. Bitcoin Elektrik Tüketiminin Karşılaştırılması

Belçika 83.4 TWh/Saat Yıl	Finlandiya 83.7 TWh/Saat Yıl	Bitcoin 95.4 TWh/Saat Yıl	Kazakistan 96.6 TWh/Saat Yıl	Filipinler 98.5 TWh/Saat Yıl

Kaynak: Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI) (ccaf.io)

Tartışmalardan bir diğeri de enerjinin hangi kaynaklardan karşılandığıdır. Bu enerjinin ne kadarlık bir kısmı yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanıyor? Cambridge Üniversitesinin 2020' de yapmış olduğu bir araştırmada madencilik yapanların %65.9' unun yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandıklarını ve madencilikte tüketilen enerjinin de %57.7'sinin yenilenebilir enerjiden karşılandığını söylemiştir (Yılmaz ve Kaplan, 2022: 158).



Kaynak: https://buybitcoinworldwide.com/bitcoin-mining-statistics/

Grafik 3.6. Bitcoin ve Seçili Ülkelerin Yenilenebilir Enerji Oranları

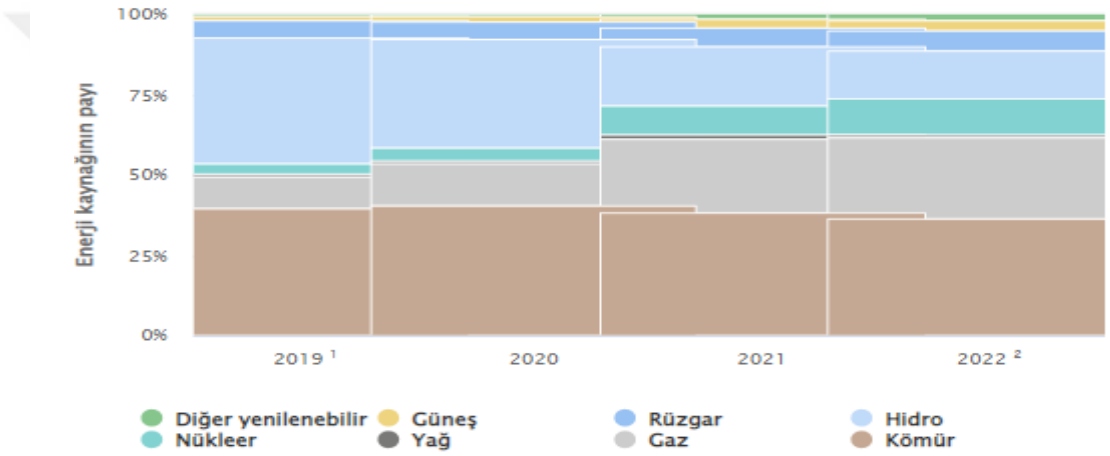
Grafikte Bitcoin madenciliği ve belli başlı ülkelerin kullandığı yenilenebilir enerji oranları gösterilmiştir ve Bitcoin'nin çoğu ülkeden daha fazla yenilenebilir enerji kullandığı ortaya konulmuştur.

2019-2022 yılları arasında madencilik verilerine baktığımızda kullanılan enerji kaynakları arasından en çok kömürü, daha sonra hidroelektrik enerjisini görmekteyiz.

Grafikte kömür ve hidroelektrik enerji tüketimleri 2019-2020 yılları arasında birbirlerine oldukça yakınken son iki yılda aradaki farkın açıldığını görebiliriz. Rüzgâr, güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimi ise kıt seviyededir.

Tablo 3.7. Kaynağa Göre Bitcoin Elektrik Tüketimi (Yıllık)

	2019	**2020**	**2021**	**2022**
Kömür	% 39	%40	%38	%36
Hidroelektrik	%38	%33	%18	%14
Gaz	%9	%12	%22	%24
Nükleer Enerji	%3	%4	%8	%11
Rüzgar	%5	%5	%6	%5
Güneş	%1	%1	%3	%3
Petrol	%1	%1	%1	%0.89



Kaynak: Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi (CBECI) (ccaf.io)

Grafik 3.7. Kaynağına Göre Bitcoin Elektrik Tüketimi (Yıllık)

3.4.3.Karbon Emisyonu

İklim değişikliğinin hızı ciddi anlamda artmaktadır.İklim değişikliğinin yaygın zararlı etkileri, daha sık aşırı hava olaylarına neden olabilir ve halk sağlığı için ciddi riskler oluşturabilir.Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC, 2018) göre, sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C üzerinde yükselen küresel sıcaklıklar, Kuzeydeki buzların erimesi ve deniz seviyelerinin yükselmesi de dâhil olmak üzere geri dönüşü olmayan çevresel etkilere neden olabilir. Küresel karbondioksit (CO2) emisyonlarındaki kayda değer artış, küresel ısınmanın birincil nedenidir ve gezegenimizin sağlığını tehdit eden iklim değişikliğini şiddetlendirir. Karbondioksit (CO2) emisyonları, fosil üretim kaynaklarının (en belirgin olarak kömür ve gaz) ortaya çıkardığı negatif bir etkidir.

Rüzgâr ve güneş gibi temiz üretim kaynakları, sera gazı (GHG) yaymadan enerji üretmektedir (Gallersdörfer ve diğerieri, 2020: 1844).

Teknolojik yenilikler, yeni potansiyel ve çevresel ayak izleri ortaya çıkarıyor. Bu teknolojik yeniliklerden en önemlisi de kripto paralardır. 2009'da Bitcoin'in ortaya çıkışından bu yana, kripto para birimlerinin kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Tahminler, 106 milyon insanın (küresel nüfusun kabaca %1,3'ü) en az bir kez Bitcoin kullandığını gösteriyor.Diğerleri, yaklaşık 25 milyon aktif kripto para birimi kullanıcısı olduğunu öne sürüyor (Yılmaz ve Kaplan, 2022: 161); (Zhang, Chen ve diğerleri, 2023: 1).

Popüler hale gelen Bitcoin'nin artan enerji tüketimi önemsenemeyecek kadar yüksektir. Bitcoin madenciliği için gerekli olan elektirik tüketiminin aşırı derecede karbon salınımına neden olduğu, Blockchain teknolojisinin ve kripto para piyasasının hızla gelişmesi, iklim değişikliğini engellemeye yönelik küresel çabaları baltalayabilir. Cambridge Üniversitesinin Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi tahmininegöre Bitcoin'in enerji kullanımı, küresel elektrik tüketiminin %0,38'ini oluşturuyor, Belçika ve Finlandiya gibi ülkelerin de elektrik kullanımını aşıyor. Bitcoin'inyoğun enerji kullanımının ardındaki sebep, işlemlerin geçerliliğini doğrulamak ve tüm ağın güvenliğini sağlamak için kripto para birimi ekosistemi tarafından benimsenen, hesaplama açısından zorlu konsensüs mekanizmasından (Proof-of-Work (PoW)) kaynaklanmaktadır (Zhang, Chen ve diğerleri, 2023: 1); (Howson ve Vries, 2022); (Yılmaz ve Kaplan, 2022: 161).

Yeni Bitcoinlerin üretilmesinde, büyük miktarda elektrik enerjisinin kullanılması, "Proof-of-Work (PoW)" madenciliği olarak bilinen bir süreçle teşvik edilir.PoW konsensüs protokolü, bir blok zincirini kötü aktör müdahalesinden korurken ağın çıkarına olan davranışı teşvik etmek için tasarlanmış, kasıtlı olarak enerji açısından verimsiz bir mekanizmadır.PoW madenciliğinin, insan sağlığı ve iklim üzerinde negatif etkileri bulunmaktadır. Bitcoin'in enerji kullanımı tarafından yaratılan her 1 dolarlık değer için 0,49 doların ağın ilgili çevresel sorunlarını hafifletmek ve diğer ilgili halk sağlığı sorunlarını gidermek için harcanması gerektiğini gösteren araştırmalar ortaya çıkmıştır. Bugün, tek bir Bitcoin işleminin kabaca bir ABD hanesinin iki ay boyunca

tükettiği toplam enerjiye eşit bir elektrik enerjisi ayak izine eşdeğer olduğu bilinmektedir.

Böylesine önemli ve büyüyen bir ayak iziyle Bitcoin gibi PoW kripto para birimleri, karbon emisyonlarını azaltmak için küresel taahhütleri tehdit ediyor (Howson ve Vries, 2022)

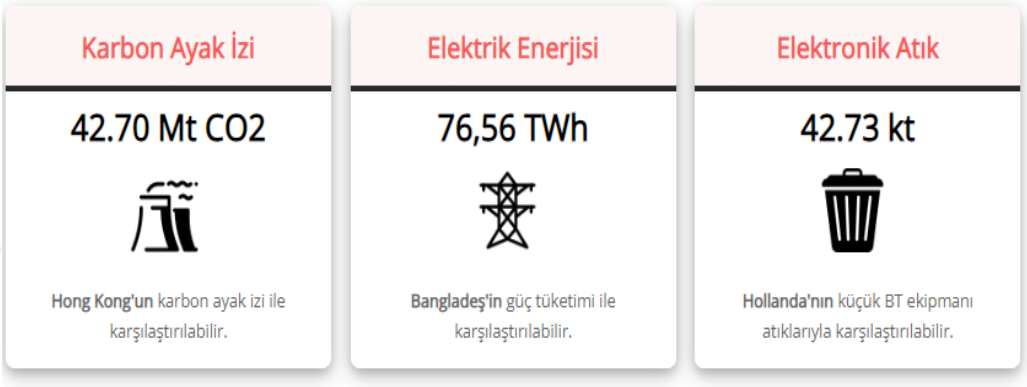
Kaynak: Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi (CBECI) (ccaf.io)

Şekil 3.2. Bitcoin Şebekesinin 1 Yılda Tükettiği Elektrik Miktarınına Karşılık Örnekler

PoW kripto para birimlerinin, PoW madencilerinin ve diğer aktörlerin ekonomik istikrarsızlıklardan, zayıf düzenlemelerden, ucuz enerji ve diğer kaynaklara erişimden yararlandığı küresel olarak savunmasız ve gelişmekte olan toplulukları orantısız bir şekilde etkilemektedir. PoW madencilerinin yaklaşık üçte biri şu anda "İnsani Gelişme Endeksi (İGE)" puanı 0,85'in altında olan ülkelerde bulunuyor.Dünyanın en fakir ve en savunmasız insanlarından bazıları, muhtemelen PoW madenciliğinin yerel, sosyal ve çevresel sorunlarından orantısız bir şekilde etkilenen kişilerdir. Bitcoin'nin büyümesi ve verimsizliği, dünyanın en fakir bölgelerini felaketin eşiğine getirmede muhtemelen önemli bir rol oynayacaktır (Howson ve Vries, 2022).

Cambridge Alternatif Finans Merkezine göre Çin, dünyanın kripto para madencilik kapasitesinin en büyük oranına ev sahipliği yapıyor ve Haziran 2020 itibarıyla küresel Bitcoin madenciliğinin tahmini %65'i, Çin'de yürütülüyordu. Ayrıca Çin'deki kripto para madenciliğinin elektrik tüketiminin 2021'de 60 TWh'den 2024'te 296,59 TWh'ye yükseleceğini ve Çin'i dünyanın en büyük 12. elektrik tüketen ülkesi yapacağı tahmin ediliyor.Bu arada, 2020 itibarıyla Çin'in elektrik tüketimi, %56,8'i termik kömürle çalışan elektrikten elde ediliyordu. Bunun sonucunda da Çin'de artan

kripto para madenciliği faaliyeti, elektrik talebinde bir artışa neden olarak ülkenin enerji piyasasının istikrarını tehlikeye atıyor ve iklim hedeflerini tehdit eden bir hal alıyor. Termal kömürün Çin ekonomisindeki önemi ve kripto para madenciliği faaliyeti için gereken muazzam kömür bazlı güç göz önüne alındığında Çin hükümeti için yerel enerji piyasalarının, değişken kripto para piyasasından volatilite bulaşma riskinden korunması ve enerji güvenliğini sağlaması için kripto para birimi endüstrisi üzerinde katı düzenlemeler yaparak Çin'deki kripto para birimlerinin etkilerini azaltmayı hedeflemiştir (Pham, Nguyen ve Do, 2022: 1). Yapılan yaptırımlar sonucunda Çin'deki madencilik %41,6'dan % 25,1'e düşmüştür. Madenciler Çin baskısından önce yenilenebilir enerji kaynaklarına daha rahat ulaşırken ABD ve Kazakistan gibi ülkelere göç etmeye zorlanmalarıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına ulaşmaları zorlaştı. Bu durum da elektriğin karbon yoğunluğunu artırmıştır (Digiconomis, 2022).



Şekil 3.3. Yıllıklandırılmış Toplam Bitcoin Ayak İzleri

Kaynak : (Digiconomis, 2022).

Şekil 3.4. Tek Bitcoin İşlem Ayak İzleri

Kasım 2021 itibariyle Bitcoin, Tayland'ın tamamından daha fazla enerji kullanıyor (yaklaşık 190 TWh); bunların çoğu fosil yakıtlardan üretiliyorve yıldayaklaşık 90 Mt CO2 kadarsalınım yapıyor.Bu, sadece iki yıl önce yıldayaklaşık 22 Mt CO_2 den daha yüksek.Bu durum şuan altın madenciliği endüstrisi tarafından üretilen karbon emisyonlarını önemli ölçüde aşmaktadır.Bitcoin' e en yakın ve en çok referans verilen gerçek dünya analoğu "altın" dır. Altın ve Bitcoin ortak tüketim özellikleri gösterir.

Kaynak: (Ccaf.io, 2019).

Şekil 3.5. Bitcoin ve Altın Karşılaştırması

Son olarak da Bitcoin üretimi her yıl yaklaşık 22-23 milyon metrik ton karbondioksite denk gelir. Bitcoin'in enerji tüketimi yılda yaklaşık 65 megaton karbondioksiti atmosfere yayıyor. Bu durum Yunanistan'ın emisyonlarıyla karşılaştırıldığında kriptonun küresel hava kirliliğine ve iklim değişikliğine etkisini göstermektedir (Tuwiner, 2023).

Son yıllarda kripto para madenciliği yapmak içingüneş, rüzgar, hidro ve diğer yeşil teknolojiler gibi mikro şebeke (MG) teknolojilerini kullanan sürdürülebilir, uygun fiyatlı ve yenilenebilir enerji çözümlerinin kullanımı önemli bir ivme kazanmıştır (Hajipour ve Khavari, 2022: 1). Hatta bu konuya dikkat çekmek için yapılan bir araştırma da ise kripto paraları kendi aralarında çevresel etkilerine göre kirli ve temiz kripto paralar olarak sınıflandırılmıştır. 6 büyük kripto para; Bitcoin, Ethereum,BitcoinCash, Ethereum Classic, Litcoin ve Monera "kirli" ve piyasa değerine göre ilk 50' de yer alan kripto paralardan da kalanlar arasından 12 tanesi ise Cardano, Ripple, Polygon, Algorand, Stellar, VeChain, TRON, Cosmos, Hedera, Tezos, EOS ve IOTA " temiz" olarak sınıflandırılmıştır. Kirli kripto para birimleri, madencilik ve işlem faaliyetlerini desteklemek için muazzam enerji girişleri gerektiren fikir birliği için

Proof-of-Work (PoW) algoritmalarına dayalı olanlarken, temiz kripto para birimleri ise Proof-of-Stake (PoS) dahil olmak üzere farklı türde enerji açısından çevre dostu enerji kullanan verimli fikir birliği algoritmaları üzerine kurulu olan kripto para birimlerinden oluşur (Ren ve Lucey, 2022: 2).

3.4.4.Elektronik Atık Miktarı (E-Atık)

Küresel atığın 2016'dan itibaren 2050'ye kadar %70 artması beklenmektedir.Atığın çevresel etkisiaçısından, dünya okyanuslarındaki mikroplastikler Samanyolu'ndaki yıldızlardan sayıca daha fazla olduğu için plastikler ilgiyi toplamıştır. Daha az tartışılmasına rağmen, elektrikli veya elektronik ekipmanınatılmasıyla üretilen atık olan elektronik atık (e-atık) çevremiz için büyüyen bir tehdit oluşturuyor ve toprağa sızan zehirli kimyasallar ve ağır metallerden hava ve su kirliliğine kadar sorunları içeriyor. E-atık miktarının 2050 yılına kadar ikiye katlanması bekleniyor (De vries ve Stoll, 2022).

Bitcoin'in ortaya çıktığı ilk dönemlerde meraklılar bitcoin madenciliği yapmak için standart merkezi işlem birimleri (CPU'lar) kullanılmıştır. Daha sonra, madencilik zorluğu arttığı için daha güçlü grafik işlem birimleri (GPU'lar) kullanmaya başladılar. Haziran 2011 itibariyle, madenciler giderek daha büyük ve daha endüstriyel operasyonlar için daha güçlü ve (ancak daha az enerji verimli) sahada programlanabilir geçit dizisi (FPGA) donanımı kullandılar ve bir yıl sonra uygulamaya özel tümleşik devreler (ASIC'ler) girdi. Süreç bitcoin'nin doğuşundan günümüze kadar zorluk derecesi arttıkça kullanılan donanımında değişmesine sebep olmuştur. Aslında tamamen performansa dayalı bir dönüşümdür bu durum(Ciaian, Kancs ve Rajcaniova, 2021:7,8). Bir performans karşılaştırması yaptığımız da, bir ASIC Bulutunun Bitcoin üzerinde bir CPU Bulutundan saniyede 6270 kat, GPU Bulutundan ise 1057 kat daha fazla işlem gerçekleştirebildiği bulunmuştur.

Aynı zamanda bu olay bir örnekle somutlaştırılırsa, tüm madenciler aynı ödül için yarışıyor ve ağın protokolü, blok üretim süresini sabit tutmak için geçerli bir kanıt bulmanın zorluğunu kendi kendine ayarlıyor; bu, ağa daha fazla madencilik cihazı girdikçe ödüllerin artmayacağı anlamına gelir.Bunun yerine, yeni bir blok çıkarma şansı, ağdaki hesaplama gücünün orantılı payına bağlı olduğundan, ağın toplam

hesaplama gücündeki herhangi bir artış, her bir cihazın payını marjinal olarak seyreltecek ve böylece bireysel kazanma kapasitesini azaltacaktır (de Vries 2019).

Madencilik cihazlarının çalışması için öncelikle elektrik gerektiğinden, madenciler yalnızca verimliliklerini artırarak rekabet avantajı elde edebilirler. Bu dinamik, bireysel cihazların kazanma kapasitesinin düşmesine neden olan daha verimli madencilik donanımı geliştirme ve dağıtma yarışına neden oldu.İşletme maliyetleri aynı kaldığından, eski ve/veya verimsiz cihazlar, zararla çalıştıklarında ağı terk etmek zorunda kalacaklardır.CPU'lar ve GPU'lar, Bitcoin madenciliğinde uygun maliyetli olmadıklarından, bu amaç için kullanılmaz hale getirildiler.Benzer bir dinamik, ASIC çip verimliliğindeki ilerlemeler sonunda daha eski, daha az verimli teknolojiyi geride bırakan daha güçlü cihazlarla sonuçlandığından, ASIC tabanlı madencilik cihazlarının kaderini nihai olarak belirler. ASIC madencilik cihazlarının teknik ömrü, tipik olarak, cihazın görevini karlı bir şekilde yerine getirebileceği süreyi aştığı için (MCcook, 2018), kârsız hale geldikleri an, ömürlerini ve elektronik atık haline geldikleri noktayı belirlemektir (de Vries ve Stoll, 2022).

Bitcoin tarafından üretilen muazzam miktarda elektronik atık, yenilenebilir enerjinin Bitcoin'in sürdürülebilirlik sorununu neden asla çözemediğini gösteriyor.Yenilenebilir enerjinin Bitcoin'in enerji tüketiminin çevresel etkisini azaltması zaten olası değildir, ancak eletronik atık tamamen ayrı bir sorun yaratmaktadır. Küresel olarak tüm elektronik atıkların sadece% 20'si geri dönüştürülüyor, geri kalanı çevreye zarar veren tehlikeli çöp sahalarda birikmektedir (Digiconomis, 2022) .

Kaynak: (Digiconomis, 2022).

Grafik 3.8. Bitcoin Elektronik Atık Grafiği

Şekil 3.6. Bitcoin Elektrik Atık Ayak İzleri

3.5. MSCI GLOBAL (KÜRESEL) SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKSİ

Finans piyasalarında, borsa verilerinin belirli dönemler itibariyle belirlenen kriterlere göre endeks hesaplaması yapan kurumlar tarafından analiz edilmesi sonucunda, endeks listesinde yer alacak ya da endeks listesinin dışında kalacak olan hisse senetleri belirlenmektedir. Endeks hesaplamalarında yapılan bu hisse değişimleri ile birlikte genel olarak, hisse senedi işlem hacimlerinde ve fiyatlarında oluşan değişimler endeks etkisi olarak adlandırılmaktadır. Yatırımcılar endeks listelerine bakarak bir hisse senedine yatırım yapıp yapmama kararı alırlar. İşte bu kurumlardan en önemlilerinden biriside MSCI endeksidir (Ellialtioğlu, Gürgül ve Çakmak: 2020, 43).

1968'de Uluslararası Sermaye Endeksleri (Capital International Index) olarak ortaya çıkan MSCI Endeksi Amerika Birleşik Devletleri dışındaki piyasalarla ilgili olarak küresel sermayenin performansını ölçmek amacıyla ortaya çıkmıştır. 1986 yılında Morgan Stanley tarafından satın alınan MSCI endeksi Morgan Stanley Capital International ifadesinin kısaltmasıdır. MSCI Endeksi güçlü sürdürülebilirlik etkisine sahip firmalar hakkında bilgi almak isteyen yatırımcılar için oluşturulmuştur. Yatırımcılar açısından dünya piyasasına gelişmekte olan ülkelerin giderek dâhil olmasıyla MSCI Endeklerine olan talep artmış ve yatırımcılar arasında oldukça popüler hale gelmiştir. Günümüzde MSCI Global Sürdürülebilirlik Endeksleri ailesi, MSCI Dünya ESG Endeksi, MSCI EM ESG Endeksi ve MSCI ACWI ESG Endeksi'ni içermektedir. Bu endeksler uluslararası piyasalar ve Türkiye'de yatırım yapmak isteyen tüm yatırımcıların takip ettiği ve küresel kıyaslama yani karşılaştırma ölçütü (benchmark) olarak kullanılan endekslerdir (Ellialtioğlu, Gürgül ve Çakmak: 2020, 43); (Taksim Danışmanlık).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

Bu bölümde ilk olarak literatür özeti sunulacaktır. Daha sonra sırasıyla çalışmanın amacı ve kapsamı, çalışmanın önemi ve literatüre katkısı açıklanarak yapılan analizde kullanılan veri ve değişkenler hakkında bilgi verilecektir. Ayrıca çalışmada izlenen yöntem aşamalarıyla detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

4.1. LİTERATÜR ÖZETİ

4.1.1.Bitcoin, Diğer Kripto Paralar ve Döviz Piyasaları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Atik, Köse, Yılmaz ve Sağlam (2015)Kripto Para: Bitcoin ve Döviz Kurları Üzerine Etkileri adlı çalışmalarında, bitcoin kullanımındaki artış ve yatırım aracı olarak görülmeye başlanması sonucunda bu sistemin çalışma şekli ve geleneksel döviz piyasalarına etkisi analiz edilmiştir. Bunun için 2009 – 2015 yılları arasındaki Bitcoin günlük kur fiyatları ile dünyadaki en çok kullanılan çapraz kur fiyatları arasındaki etkileşim, Granger nedensellik analizi ile test edilmiş. Ve sonuç olarak Bitcoin ile Japon Yen'inin birbirlerini gecikmeli olarak etkilediği ve Japon Yen'inden Bitcoin'e doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığını tespit etmişlerdir.

Koçoğlu ve diğerleri (2016)Bitcoin Piyasalarının Etkinliği, Likidite ve Oynaklığı adlı çalışmalarında, Bitcoin'in işlem gördüğü 8 farklı borsanın etkinliğini, likiditesini ve volatilitesini analiz etmiştir. Araştırma sonucuna göre, Bitfinex (USD), Bitstamp (USD), Btce (USD) Bitcoin borsaları birbirleriyle eşbütünleşik, Okcoin (CNY) borsası ise bu üç borsa ile eşbütünleşik değildir. Ayrıca söz konusu Bitcoin piyasalarının kendi aralarında nedensellik görülmediği ve ilişki bulunmadığına kanaat getirmişlerdir.

Güleç, Çevik ve Bahadır (2018) çalışmalarında, başlıca kripto para birimleri ve işleyiş süreçlerini incelemişlerdir. Buna ek olarak Bitcoin'in döviz, hisse senedi emtia piyasaları ve faiz ile olan ilişkisi de ele alınmıştır. Mart-2012 ile Mayıs-2018 dönemi aylık verilerle Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik analizleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Bitcoin fiyatlarının artan bir trende ve yüksek bir

volatiliteye sahip olduğu görülmektedir. Faiz değişkeni ile Bitcoin fiyatları arasında diğer analizler ve Granger nedensellik testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır.

Çütçü ve Kılıç (2018) Döviz kurları ile Bitcoin fiyatları arasındaki ilişki: Yapısal kırılmalı zaman serisi analizi adlı çalışmalarında, Bitcoin fiyatları ile döviz kurları arasındaki ilişki 24 Kasım 2013 - 04 Mart 2018 dönemlerini kapsayan haftalık veriler ile yapısal kırılmalı testler kullanılarak döviz kurları ile Bitcoin fiyatları arasındaki ilişki incelenmiştir. Analizlerde kullanılan verilerin düzeyde durağan olduğu tespit edilmiş olup yapısal kırılmaya izin veren Maki Eşbütünleşme testi sonuçlarına göre değişkenler arasında yapısal kırılmalarla birlikte uzun dönemli bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Hacker-Hatemi-J Bootstrap Nedensellik testi sonucunda ise dolar kurundan Bitcoin fiyatlarına doğru %1 anlamlılık düzeyinde nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Öget ve Kanat (2018) Bitcoin ile Türkiye ve G7 ülke borsaları arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkilerin incelenmesi adlı çalışmalarında, Bitcoin fiyatı ile Türkiye ve G7 ülkelerine ait borsa endeksleri arasındaki nedensellik ilişkisini ele almışlar. 2013 – 2018 günlük verilerini kullanmışlar. Çalışmada öncelikle birim kök testleri ve eş bütünleşme analizi gerçekleştirilmiştir ve vektör hata düzeltme modeli (VECM) ile kısa dönemli ilişkiler içinse Granger Nedensellik/WALD testini uygulamışlar. Bu analizler sonucunda Bitcoin ile diğer ülke borsaları arasında herhangi bir uzun dönemli denge ilişkisinden söz edilemeyeceği bulunurken, kısa dönemde İngiltere borsasının (FTSE) Bitcoin'in nedeni olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

İçellioğlu ve Öztürk (2018)Bitcoin ile seçili döviz kurları arasındaki ilişkinin araştırılması: 2013-2017 dönemi için Johansen testi ve Granger Nedensellik testi adlı çalışmasında, Bitcoin'in özellikleri ve işleyişi ele alınarak, Bitcoin ile seçili döviz kurları arasındaki ilişkisi araştırılmıştır. Araştırmada birim kök testleri uygulanmış, seriler arasındaki uzun dönemli ilişki Engel-Granger Eşbütünleşme testi ve Johansen Testi ile ve kısa dönemli ilişki Granger nedensellik testi ile sınanmıştır. Çalışmanın sonucunda Bitcoin ile Dolar, Euro, Sterlin, Yen ve Yuan arasında uzun ve kısa dönemli bir ilişkinin varlığına rastlanmamıştır.

Azimov ve Alkan (2019) çalışmalarında, kripto paraların hem yatırım hemde ödeme yöntemi olarak finansal piyasalarda yer alması ve bunlardan en yaygın olanı Bitcoin in dolar cinsinden fiyatının Dünya ekonomisini güçlü etkileme potansiyeline sahip olan Çin ve Rusya' nın seçilmiş finansal göstergeleri arasındaki ilişkiyi ele almıştırlar. Eylül 2013-Eylül 2018 dönemini kapsayan bu ülkelere ait aylık frekanslı verilerle zaman serileri oluşturularak Eşbütünleşme testi ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak değişkenler arasında eş bütünleşik ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Şahin (2020) çalışmasında, Bitcoin fiyatına etki eden faktörlerin belirlenmesi amacıyla literatürde kullanılan değişkenlere (Altın ve ABD Dolar) ek olarak küresel risklerin (Finansal Baskı Endeksi ve Jeopolitik Risk Endeksi) etkisi de dâhil edilerek analiz yapılmıştır. Çalışma da Bitcoin fiyatı üzerine etki etmesi muhtemel değişkenler Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Uzanımları-MARS yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler 2012/1-2019/11 yılları arasında aylık verilerden oluşmaktadır. Çalışmanın sonucunda kullanılan tüm bağımsız değişkenlerin belirli şartlar altında Bitcoin fiyatına etki edebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Kubar ve Toprak (2021) Bitcoin ve Altcoin'ler Arasındaki İlişkinin Granger Nedensellik Testi ile Analizi, adlı çalışmalarında; Bitcoin ile piyasa büyüklüklerine göre ilk 10 içerisinde yer alan altcoinler arasındaki ilişkiler 21.08.2020 - 07.01.2021 dönemini kapsayan Bitcoin, Ethereum, Tether, Ripple, Litecoin, Cardano, Polkadot, Bitcoin Cash, Stellar ve Chainlink'e ait dolar cinsinden günlük kapanış fiyatları kullanılmıştır. Kripto paralar arasındaki ilişki Granger Nedensellik Testi ile analiz edilmiştir. Granger Nedensellik Testi sonuçları incelendiğinde ise; BTC ve ETH'nin birbirinin Granger nedeni olduğu, ETH, USDT, XRP, ADA, LTC, XLM ve LINK ise BTC'nin Granger nedeni olduğu nedeni olduğu tespit edilerek, bu değişkenlerde meydana gelecek fiyat hareketleri değişimlerinin kısa dönemde birbirlerini etkiledikleri sonucuna ulaşılmıştır.

4.1.2. Bitcoin ve Çeşitli Emtia Piyasaları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Öztürk, Arslan, Kayhan ve Uysal (2018) Yeni bir hedge enstrümanı olarak Bitcoin: Bitconomi adlı çalışmalarında, 2013 01 ve 2018 01 arasındaki verilerden yararlanılmıştır. Altın, Nasdaq, S&P 500, NIKKEI 225, Bloomberg Emtia Endeksi

(BEE), Petrol (CrudeOil) ve ABD 10 Yıllık bono faizinin BTC/USD ile uzun dönemli ilişkisi Johansen Eşbütünleşme Testi ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Bitcoin'in altın haricinde diğer geleneksel finansal ve emtia varlıklarından bağımsız bir hareket gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Tunçel ve Gürsoy (2020)Korku endeksi (VIX), Bitcoin fiyatları ve BİST100 endeksi arasındaki nedensellik ilişkisi üzerine ampirik bir uygulama adlı çalışmalarında 2010 – 2020 dönemleri arasındaki günlük Bitcoin fiyatları ile BİST100 ve VIX korku endeksi arasındaki nedensellik ilişkisini test etmişlerdir. Öncelikli olarak yapısal kırılmayı dikkate alan Zivot-Andrews testi ile durağanlık sınanmış ve daha sonra TodaYamamoto nedensellik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda Bitcoin fiyatlarının her iki değişken üzerinde anlamlı bir ilişki içinde olmadığı, VIX endeksinden BİST100 endeksine doğru tek yönlü bir nedensellik etkisi gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Soyaslan (2020) Bitcoin Fiyatları ile BİST 100, BİST Banka ve BİST Teknoloji Endeksi Arasındaki İlişkinin Analizi adlı çalışmasında, kripto para birimleri arasında piyasada en yüksek hacime sahip olan Bitcoin para biriminin BİST 100, BİST Banka ve BİST Teknoloji endeksi arasında kısa ve uzun dönemde bir ilişkiye sahip olup olmadıkları zaman serisi analiz yöntemi ile incelemiştir. 21/04/ 2011 ile 11 /02/2020 tarihleri arası Bitcoin, BİST 100, BİST Banka ve BİST Teknoloji endeksi değişlerin günlük verileri kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre %5 anlamlılık seviyesinde uzun dönemde Bitcoin fiyatı ile BİST 100 endeksi arasında denge ilişkisine sahipken BİST Banka ve BİST Teknoloji endeksi ile bir ilişkiye rastlanılmamıştır. Buna ilaveten Bitcoin fiyatı ile BİST 100, BİST Banka ve BİST Teknoloji endeksleri kısa dönemde %5 anlamlılık seviyesinde değerlendirildiğinde herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlamamışlardır.

Güven ve Bulut (2021) Güncel Haliyle Bitcoin ve Piyasadaki Değeri Üzerine Bir İnceleme adlı çalışmalarında, Bitcoin ve emtia ilişkisini araştırmışlardır. Bu kapsamda Ocak 2012- Mart 2020 tarihleri arasında cumhuriyet altını, altın ons fiyatı, ham petrol fiyatı, amerikan doları ve euro para birimleri ile bitcoin arasındaki korelasyon ilişkisini incelenmişlerdir. 2012-2020 döneminde istatistiksel olarak bitcoin ve ham petrol fiyatı arasında negatif yönlü ve zayıf; cumhuriyet altını, altın ons fiyatı, dolar ve euro ile

kuvvetli bir ilişki vardır ve bu ilişki anlamlıdır denilmiştir. Sonuç olarak piyasalara girdiği ilk dönem olan 2012'de bitcoinin diğer göstergelerle arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olmadığı görülmüştür.

Gülhan ve Temurlenk (2021) Kripto Para Fiyatlarının Finansal ve Teknolojik Belirleyicileri Nelerdir? Bitcoin Örneği adlı çalışmalarında, Bitcoin temelinde kripto para fiyatlarını etkileyen faktörlerin neler olacağını ele almaya çalışmışlar. Çalışmaların da 2015-2020 arası günlük veriler kullanılarak Bitcoin fiyatları öncelikle Box-Jenkins yöntemi ile modellenmiştir. Daha sonra çalışmalarında, kontrol değişkenler olarak Altın fiyatları, petrol fiyatları, Euro / Dolar paritesi, S&P 500 Endeksi, LIBOR, Bitcoin Google Trend Endeksi ve elektrik birim maliyetleri Engel Granger eşbütünleşme testi ve ayrıca eşik (Doğrusal olmayan Enders ve Siklos (2001) denklik testi) modelleme yaklaşımı kullanılarak bitcoin fiyatları üzerindeki etkilerini analiz etmişler. Çalışma sonucunda simetrik ve asimetrik eşbütünleşme testlerine tabi tutulan Bitcoin fiyatlarının hem asimetrik hem de simetrik eşbütünleşmeye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

4.1.3.Bitcoin, Bitcoin Madenciliğive Çevresel Etkileri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Dilek ve Furuncu (2019) Bitcoin Madenciliği ve Çevresel Etkileri adlı çalışmalarında Bitcoin madenciliği ve blockchain teknolojisini incelemiş, Bitcoin'in tükettiği yüksek miktardaki enerji ve bunun çevresel boyutlarını ele almışlar ve Bitcoin madenciliğinin artış göstermesi sonucu tüketilen enerjinin küresel ısınma ile iklim değişikliği gibi çevresel ve sosyal sonuçlarının olacağına dikkat çekmişlerdir. Kömür ve termik santrallerden elde edilen Bitcoin işlemleri ve madenciliğinin gerektirdiği enerji, hidrokarbonlar, C02 emisyonlarının artmasına neden olacağı ve küresel ısınma, hava kirliliği ve hatta ölüm oranlarında artışa neden olacağını vurgulamışlardır. Sonuç olarak Bitcoin madenciliğinin artış göstermesi sonucu tüketilen enerjinin küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevresel ve sosyal sonuçlarının olacağı ortaya konulmuştur.

Ren ve Lucey (2022) Temiz ve Kirli Kripto Piyasaları Farklı Mı Hareket Ediyor? Adlı çalışmalarında; Enerji kullanım seviyelerine göre kripto paralar "siyah/kirli" ve "yeşil/temiz" olarak kategorize edilmiş ve aralarındaki sürü davranışı araştırılmıştır. Sonuç olarak temiz kripto para birimlerine yapılan yatırımların, kirli kripto para birimleri ile birlikte sürü davranışı sergilediği iddia edilmiştir.

Felek, Karademir ve Ceylan (2023) Bitcoin ile Karbon Emisyon İlişkisi: Doğrusal Olmayan Eşbütünleşme Analizi, adlı çalışmalarında; 2017M1-2022M1 dönemleri arasındaki veriler kullanılarak Bitcoin (BTC) ile Karbon Emisyonu (CO2) arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. BTC ile CO2 arasındaki ilişkiyi Eşbütünleşme analizi kullanılarak tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda BTC ile CO2 arasında uzun dönemde doğrusal olmayan eşbütünleşme ilişkisinin var olduğunu ve ilişkinin yönünün belirlenmesi amacıyla Granger nedensellik testi uygulamışlardır. Granger nedensellik testi sonucuna göre ise Bitcoin'den Karbon Emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik olduğunu idda etmişlerdir.

Syzdykova (2023) Bitcoin Madenciliği ve Bitcoin'in Enerji Tüketimi, adlı çalışmasında; Bitcoin madenciliğinin güç tüketiminin ortaya konulması için ilgili literatür incelenerek Bitcoin madenciliğinin enerji tüketimi ve çevresel boyutları değerlendirilerek araştırmacı tarafından bazı önerilerde bulunulmuştur. Bitcoin madenciliği düşük karbonlu enerji kullanılarak gerçekleştirilir ve çevre dostu politikalarla eşleştirilirse Bitcoin madenciliğinin aslında yeşil olduğunu ileri sürmüştür. Bir diğer önerisi ise kripto para madencilik çiftliklerinden çevre vergisinin alınmasıdır.

4.1.4. Bitcoin ve Enerji Piyasaları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Ji, Bouri, Roubaud ve Kristoufek (2019) Enerji, kripto para birimi ve büyük emtia piyasaları arasında karşılıklı bilgi bağımlılığı adlı çalışmalarında, önde gelen kripto para birimlerini (Bitcoin, Ethereum, Ripple, Stellar ve Litecoin) ve üç emtia grubunu (enerji, metaller ve tarımsal emtialar) kapsayan 15 Ağustos 2015 ile 27 Eylül 2018 aralığı günlük fiyat verilerini kullanmışlardır. Sonuç olarak kripto para birimlerinin emtia piyasaları ile pozitif bir ilişkisi olduğu ortaya konulmuştur.

Gurrib vd. (2020) çalışmalarında, enerji blok zinciri tabanlı kripto para birimlerinin, ABD S&P Composite 1500 enerji endeksinin önde gelen enerji şirketlerinden oluşan hisse senedi portföylerini çeşitlendirmeye yardımcı olup olamayacağını araştırmışlardır. Bu kapsamda 21.11.2017-31.01.2019 tarihleri arasında günlük veriler yardımıyla; seçili kripto paraların (SNC, POWR, TSL, GRID) günlük kapanış fiyatları ile S&P Kompozit 1500 enerji endeksinde işlem gören ilk on enerji hissesi arasındaki ilişki incelenmiştir. ARIMA-GARCH modeli ile yapılan analiz

sonucunda, farklı risk önlemlerinin kullanılmasına rağmen enerji bazlı kripto paraların, enerji hisse senedi portföyleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Rehman ve Kang (2020) çalışmalarında, Bitcoin hashrate ve enerji emtia piyasaları arasında bir zaman-frekans değişimi ve nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. Bu kapsamda 01.01.2013-12.10.2018 tarihleri arasında günlük veriler kullanılarak; Bitcoin fiyatları ve hash oranını ile seçili enerji emtia bileşenleri (petrol, gaz, kömür) arasındaki ilişki incelenmiştir. Kısmi ve çok değişkenli dalgacık modelleri ile yapılan analizlerin sonucunda, enerji emtia bileşenlerinin Bitcoin fiyatları ve hash oranı arasındaki ilişkiyi etkilediğini gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, Bitcoin fiyatları ve hash oranının uzun vadede, petrol ve gaz fiyatları ile yüksek korelasyon içindeyken, kömür fiyatları ile ilişkisinin olmadığını saptamışlardır.

Derbali, Jamel, Ltaifa ve Elnagar (2020) çalışmalarında, Bitcoin ve başlıca enerji emtiaları (Ham Petrol WTI, Brent Petrol ve Doğal Gaz) arasındaki yayılma etkilerini ampirik olarak ele almışlar.18 Temmuz 2010 ile 30 Haziran 2018 arasındaki dönemde Bitcoin ve üç enerji emtiası arasındaki yayılma etkilerini incelemek için asimetrik çok değişkenli bir VAR-BEKK-AGARCH modeli kullanmıştırlar. Ayrıca minimum varyans optimal portföyünde DCC'nin (dinamik koşullu korelasyonlar) ampirik portföy yönetimi etkilerinide ele almışlardır. Ampirik bulgularında, Bitcoin ve enerji emtia piyasaları arasında güçlü anlamlı DCC'ler olduğunu gösteriyor. Kısa süreli volatilite doğalgaz'dan Bitcoin'e sıçrarken, Bitcoin'in enerji endeksleri üzerinde uzun vadeli volatilite etkileri olduğunu söylemişler.

Kılıç, Gürsoy ve Ergüney (2021) Bitcoin elektrik tüketimi ile enerji piyasaları arasındaki volatilite yayılımı: seçili ülkelerden kanıtlar adlı çalışmalarında, Bitcoin madenciliği ele almış ve madenciliğin harcadığı enerjinin Bitcoin'nin doğrudan ve dolaylı olarak elektrik tüketimini oluşturan faktörleri ortaya konulmuştur. Ayrıca Bitcoin'nin elektrik tüketiminin, Bitcoin üretiminde önde gelen seçili ülkelerin (Rusya, ABD ve Çin) enerji piyasaları ile arasındaki ilişki araştırılmış. Çalışmada 22.05.2017-10.02.2021 dönemine ait haftalık veriler kullanılmıştır. Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi (CBECI) ile S&P 500, MOEX ve SSE enerji endeksleri arasındaki volatilite hareketleri CCC-GARCH) modeliyle analiz edilmiştir. CCC-GARCH

modeliyle kurgulanan analizlerden elde edilenleri kullanarak CBECİyönetiminin; MOEX enerji kurumu ile arasında çift yönlü oynaklık ilişkisi olduğunu, S&P 500 ve SSE enerji endeksleri ile arasında tek yönlü bir oynaklık ilişkisi olduğunu göstermektedir. Bulgular Bitcoin elektrik tüketiminin, Rusya ve Çin'in enerji şirketinin değerlemelerini sınırlandırması; ABD ve Rusya'nın enerji şirketinin değerlemelerinden etkilendiği sonuçlara ulaşılmaktadır.

Bouri, Jalkh, Molnar ve Roubaul (2017) Enerji, kripto para birimi ve büyük emtia piyasaları arasında karşılıklı bilgi bağımlılığı adlı çalışmalarında, Bitcoin' in, emtia volatilitesine karşı bir hedge aracı olabilirliğini araştırmışlardır. Çeşitlendirme, hedge ve güvenli liman olma özelliği için 3 farklı tanımlama yapmışlardır. Bu kapsamda 18.07.2010-28.12.2015 tarihleri arasında günlük veriler kullanılarak; Bitcoin fiyatları ile S&P genel emtia endeksi (S&P GSCI), S&P GSCI enerji emtia endeksi ve S&P GSCI enerji dışı emtia endeksi arasındaki ilişki incelemişlerdir. DCC GARCH modeli ile 2013 Bitcoin çöküşü öncesi, sonrası ve tüm dönem olmak üzere üç döneme ayrılarak yapılan analiz sonucunda; tüm dönem ve 2013 çöküşü öncesi dönem boyunca Bitcoin' in S&P emtia ve enerji emtia endekslerine karşı güçlü bir koruma gösterdiği gözlemlemişlerdir. 2013 çöküşü sonrası dönemde, Bitcoin' in bütün endekslere karşıkoruma yetisini kaybettiği, bir hedge aracı niteliği taşımadığı saptanmışlar. Sonuç olarak Bitcoin'in enerji emtiaları için önemli bir hedge ve güvenli liman özelliği taşıdığını, Bitcoin'in çeşitlendirme özelliğinin ise zamanlamaya göre değiştiğini iddia etmişlerdir.

Symitsi ve Chalvatzis (2018) çalışmalarında, Bitcoin ile enerji ve teknoloji şirketleri arasındaki yayılma etkilerini araştırmışlardır. Bu kapsamda 22.08.2011-15.02.2018 tarihleri arasında günlük veriler kullanılarak; Bitcoin fiyatları ile S&P Küresel Temiz Enerji Endeksi (SPGCE), MSCI Dünya Enerji Endeksi (MSCIWE) ve MSCI Dünya Bilgi Teknolojisi Endeksi (MSCIWIT) arasındaki yayılma ilişkisini incelemişlerdir. VAR-BEKK-AGARCH modeli ile yapılan analiz sonucunda, enerji ve teknoloji hisse senedi endekslerinden Bitcoin' e önemli geri dönüş yayılımları gözlemlenmiştir. Ayrıca, Bitcoin' in enerji şirketleri üzerinde uzun vadeli volatilite etkileri saptanmıştır; Bitcoin ve hisse senedi endeksleri arasında çift yönlü asimetrik şok yayılmaları tespit edilmiştir.

Baur ve Oll (2019) Bitcoin yatırımlarının sürdürülebilirliği adlı çalışmalarında, Bitcoin fiyatları ile enerji fiyatları arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu kapsamda 01. 2009 - 01. 2019 tarihleri arasında aylık veriler kullanılarak; Bitcoin fiyatları ile kömür fiyatları (ICE), ham petrol fiyatları (WTI), S&P 500 Enerji Şirketleri Endeksi (S&P 500 EW Energy), MSCI Dünya Enerji Endeksi ve çeşitlendirilmiş temiz enerji endeksi (Wilderhill temiz enerji endeksi) arasındaki ilişkiyi incelenmişlerdir. Üç gecikmeli bir VAR modeli ile yapılan analiz sonucunda, Bitcoin madenciliğinin enerji tüketiminin enerji şirketi değerlemelerini etkilediğini ve bunun da Bitcoin fiyatlarını etkilediğini gözlemlemişler. Ayrıca, Bitcoin fiyat değişiklikleri ile kömür fiyatı değişiklikleri arasında güçlü eşzamanlı korelasyon ve Bitcoin ile petrol arasında ise daha zayıf ve istatistiksel olarak önemsiz bir korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Bu araştırmanın amacı, Bitcoin fiyatı (BTC) ile Emisyon (CO2) düzeyi ve Sürdürülebilirlik endeksi (MSCI) arasında var olduğu düşünülen ilişkinin ARDL eş bütünleşme analizi ile araştırılmasıdır.

Bu araştırmanın önemi ise, Bitcoin'nin enerji kullanımının çevresel etkilerinin ortaya konulması ve sürdürülebilirlik açısından finansal piyasalar üzerinde Bitcoin fiyatında ki değişikliklerin bir etkiye sebep olup olmadığına dair çalışmalara ihtiyaç duyulmasıdır. Bu nedenle de Bitcoin madenciliğinin enerji tüketiminin çevresel boyutları üzerine yapılan çalışmalar günümüzde dikkat çeken konular arasında olmuştur. Bu çalışmada, Bitcoin madenciliğinin enerji tüketiminin çevresel boyutları ve Sürdürülebilirlik endeksi olarak ele alınan MSCI endeksinin Bitcoin fiyatına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır ve literatür incelendiğinde Bitcoin fiyatı (BTC) ile MSCI endeksi ve Emisyon (CO_2) düzeyi arasında herhangi bir analiz veya çalışma yapılmadığı görülmüştür. Bu sebeple çalışmanın literatüre öncü olarak bir katkı sağlaması önem arz etmektedir.

4.3. ARAŞTIRMANINKAPSAMI VE SINIRLILIKLARI

Bu çalışmada analiz kapsamında sürdürülebilirlik bağlamında dünyanın önde gelen borsa endekslerinden MSCI endeksi seçilmiştir. Endeks seçilirken göz önünde

bulundurulan ölçüt, MSCI endeksinin, gelişmiş piyasalar, gelişmekte olan piyasalar ve öncü piyasalar dâhil olmak üzere çok çeşitli küresel hisse senedi piyasalarını kapsamasıdır. MSCI, dünyanın dört bir yanındaki yatırımcılar ve varlık yöneticileri tarafından yatırım portföylerini ölçmek ve yönetmek için kıstas olarak yaygın bir şekilde kullanılan endekslerden biridir. MSCI ayrıca bir dizi portföy analitiği ve risk yönetimi araçları sunar. Bu araçlar, yatırımcıların ve varlık yöneticilerinin risk ve performansı analiz etmesine ve değerlendirmesine yardımcı olur. Çalışmada kapsamında sürdürülebilirlik bağlamında ele alınan bir diğer değişken ise Emisyon (CO_2) düzeyidir. Bitcoin madenciliğinin yoğun bir şekilde enerji tüketmesi ve madencilik için kullanılan özel donanımların yüksek işlem gücüne ihtiyaç duyması ve donanımların sürekli çalışması, Bitcoin madenciliğinin sera gazı emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturan karbon emisyonununartmasına neden olabileceği ve bu süreçte ortaya çıkabilecek çevresel etkiler olabileceğini düşündürtmesidir.

Kripto paraların seçiminde ise ortaya çıktığı günden beri hızlı fiyat hareketleri, oluşturduğu volatilite ve spekülatif yapısı nedeniyle türevi olan kripto paralar arasında en çok ilgi çekeni ve kripto para sektörüne hakim olan Bitcoin seçilmiştir.

Çalışmada kullanılacak veriler 2018-2023 yılları arasındaki günlük verilerle sınırlandırılmıştır. Analiz verilerinin tarih sınırı günlük veri olmak üzere 2018 1.Ayı ile 2023 1. Ayı şeklindedir. Çalışmada kullanılan veriler "tr.investing.com ve https://ccaf.io/" web sitelerinden elde edilmiştir.

4.4.VERİ SETİ VE METODOLOJİ

Araştırmanın bu kısmında araştırma modeli, araştırma modelinde yer alan değişkenler ve veri analizi sırasında kullanılan ekonometrik zaman serisi yöntemlerine dair bilgiler yer almaktadır.

4.4.1.Araştırma Modeli

Araştırma kapsamında çözümlenmesi amaçlanan ekonometrik model eşitlik 1'deki gibi ifade edilebilir.

$$\mathrm{Log}(\mathrm{BITCOIN}_t) = \alpha + \beta_1 \mathrm{Log}(\mathrm{EMİSYON}_t) + \beta_2 \mathrm{Log}(\mathrm{MSCI}_t) + \varepsilon_t \qquad (1)$$

Eşitlik 1'de yer alan t alt imi zaman (ay) boyutunu ifade ederken, α denklem sabit terimi, ε ise pür rastsal yürüyüş sürecinde olduğu varsayılan denklem hata terimlerini göstermektedir. Değişkenlerin başında yer alan Log ifadeleri değişkenlerin modeldelogaritmik olarak yer aldığını göstermektedir.[1] β_1 ve β_2 bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini gösteren tahmin edilmek istenen katsayılardır.

4.4.2. Değişkenler

Araştırmada yer alan değişkenlere dair tanımlar tablo 4.1'deki gibidir.

Tablo 4.1. Değişken Tanımları

Simge	Değişken	Kaynak
BITCOIN	Bitcoin Fiyatı	https://www.investing.com/
EMİSYON	Emisyon Düzeyi	https://www.investing.com/
MSCI	Sürdürülebilirlik Endeksi	https://ccaf.io/

Tablo 4.1'de yer alan değişkenlere ait gözlemler tabloda belirtilen veri kaynaklarından aylık olarak 2018 1.Ayı ile 2023 1.Ayı arasında toplanarak 61 adet gözlem içeren ekonometrik bir zaman serisi oluşturulmuştur.

4.4.3. Veri Analizi

Araştırma kapsamında toplanan verilerin aylık frekansta olmaları sebebiyle ilk aşamada değişkenlerde ortaya çıkabilecek mevsimsel etkilerin incelenmesi amacıyla mevsimsel F testi ve Kruskal Wallis testleri gerçekleştirilmiştir. Zira frekanslı zaman serilerinde mevsimsel etkilerin sahte regresyon kuşkusu barındırdığı bilinmektedir (Yamak ve Erdem, 2017: 16).

Mevsimsel etki içeren EMİSYON değişkeni X-12 Census yöntemi kullanılarak mevsimsellikten arındırılmıştır(Phillips ve Wang, 2016).

[1]Farklı büyüklükte değişkenlerin aynı modelde yer alması tahmin parametrelerinin çok büyük veya çok küçük katsayılar ile hesaplanmasına neden olmaktadır. Bu sebeple söz konusu değişkenlerin doğal logaritmaları alınmak suretiyle dönemler arasındaki farkların yüzde (%) fark olması sağlanarak hesaplanan parametrelerin de % değişim olarak ifade edilebilmesi sağlanmıştır. (Wooldridge, 2013)

Zaman serilerin regresyon modellerinde yer alan değişkenlerin durağan olma koşulları vardır. İki veya daha fazla durağan dışı değişken arasında kurulacak regresyon modeli sahte regresyon modeli olacaktır. Sahte regresyon durumunda tahmin edilen modeller genellikle iyi sonuçlar vermektedir. Fakat yüksek R^2 ve istatistiksel olarak anlamlı parametrelere rağmen tahmin edilen parametrelerin genellikle anlamsızdır. Bunun temel nedeni değişkenlerin birbiri ile ilişkili olması değil, durağan dışıdeğişkenlerin tesadüfî olarak aynı yönde hareket etmesidir. Sahte regresyon birbiri ile tamamen ilgisiz iki durağan dışı değişken arasında meydana gelebileceği gibi birbiri ile ilişkili makroekonomik ve finansal serilerde de ortaya çıkabilir (Sevütekin ve Çınar, 2017: 559).

Değişkenlerin durağanlık düzeylerinin belirlenebilmesi amacıyla Augmented Dickey–Fuller (ADF) birim kök testi, Phillips–Perron (PP) ve Yapısal Kırılmalı ADF birim kök testlerinden faydalanılmıştır (Dickey ve Fuller, 1979: 427, 431), (Phillips ve Perron, 1988).

ADF birim kök testi standart Dickey-Fuller testine dayanmaktadır. Standart Dickey-Fuller testi ise denklem 2'deki rassal yürüyüş sürecinin birinci farkından yola çıkmaktadır.

$$y_t = \phi y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2}$$

Eşitlik 1'in her iki tarafından y_{t-1} çıkarıldığında eşitlik 3 elde edilir.

$$y_t - y_{t-1} = \phi y_{t-1} - y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{3}$$

Denklem 3'teki tanımlamalar yapıldığında sabitsiz ve trendsiz ADF modeli olan denklem 4 elde edilir.

$$\Delta y_t = (\phi - 1) y_{t-1} + \varepsilon_t \text{ ve } \delta = \phi - 1 \tag{4}$$

Sabitsiz ADF modeli denklem 8'deki gibi ifade edilebilir.[2]

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{5}$$

Sabitli ve trendli modeller ise denklem 6 ve 7'deki gibidir.

$$\Delta y_t = \mu + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{6}$$

[2] DF regresyonlarında yer alan sabitsiz model zaman serisi ekonometrisi uygulamalarında genellikle kullanılmamaktadır. (Mert & Çağlar, 2019, s. 284)

$$\Delta y_t = \mu + \beta t + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Dolayısıyla birim kökün varlığında $\delta = \phi - 1 = 0$ olacaktır.(ϕ=1), aksi durumda durağan olan seri için $\delta = \phi - 1 < 0$ olacaktır.(ϕ<1). Dolayısıyla sıfır hipotezi ve alternatif bir hipotezi şu şekilde olacaktır;

H_0: δ=0 (Seride birim kök vardır, seri durağan dışıdır.)

H_0: δ<0 (Seride birim kök yoktur, seri durağandır.)

Standart DF testi AR(1) sürecinden faydalanırken, seride daha yüksek mertebeden bir korelasyon olması durumunda hata terimleri (ε_t)temiz dizi özelliğini kaybetmektedir. ADF (Artırılmış Dickey Fuller) testi ise AR(1) sürecinden daha yüksek mertebeden korelasyonlar ile ilgili sorunu çözmek için AR(1) yerine AR(p) sürecindenfaydalanarak denklemlere p.dereceden gecikmeli terimleri ekler ve denklem 8, 9 ve 10'daki sabitsiz, sabitli ve trendli modelleri sırasıyla denklem 8, 9 ve 10'daki gibi revize eder.

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$\Delta y_t = \mu + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$\Delta y_t = \mu + \beta t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (10)$$

ADF testi için birim kök hipotezleri Standart DF testi ile aynı olup t_δ istatistiğinin asimptotik dağılım özellikleri denkleme eklenen gecikmeli fark terimlerinden etkilenmemektedir. ADF birim kök testi için test hipotezleri Standart DF testi ile aynıdır. ADF testinde uygun gecikme uzunluğunun seçilmesinde önerile kriter "Schwarz Bilgi Kriterinden" faydalanılması önerilmektedir (Çil, 2018:296).

Phillips ve Perron (1988) birim kök hipotezlerinin sınanması esnasında serisel korelasyonu kontrol altında tutan parametrik olmayan bir yöntem önermektedirler. Phillips–Perron (PP) yöntemi 5, 6 ve 7'deki denklemlerin tahmininden sonra t_δ istatistiğinin denklem 11 yardımıyla modifiye edilmesi sayesinde asimptotik dağılımın serisel korelasyondan etkilenmemesini sağlamaktadır.

$$t_\delta = t_\delta \left(\frac{\gamma_0}{f_0}\right)^{1/2} - \left(\frac{T(f_0 - \gamma_0)S_{\hat{\delta}}}{2f_0^{1/2}s}\right) \quad (11)$$

Denklemde yer alan $\hat{\delta}$tahminci, t_δ standart test DF test istatistiği, $S_{\hat{\delta}}$ standart hata, s test regresyonu standart hatası, γ_0 hata varyansının tahmincisi, f_0sıfır frekansta kalıntı spektrumu tahmincisidir. (k bağımsız değişken sayısı olmak üzere $\gamma_0 = (T - k)S^2/T$ şeklinde hesaplanmaktadır.)

Phillips–Perron (PP) birim kök testi için sıfır ve alternatif hipotezler Standart DF ve ADF testi ile aynıdır. PP testi için Kernel tabanlı yaklaşımlar ve band genişliğinin Newey-West istatistiği doğrultusunda belirlenmesi önerilmektedir (Mert ve Çağlar, 2019: 101).

Zaman serilerin görülebilen yapısal kırılmaların ise birim kök testlerini yanıltabileceği bilinmektedir. Bu sebep ile yapısal kırılmalı seriler için oluşturulan yapısal kırılmalı birim kök testlerinden DF testinin de ADF testine ek olarak uygulanmasına karar verilmiştir. Serideki yapısal kırılma 4 farklı türde gerçekleşebilir.Yapısal kırılmalı birim kök testi için yapısal kırılmanın türüne bağlı olarak denklem 5-6-7 ve 8'deki 4 esas model vardır. Söz konusu modeller şu şekildedir;

Model 0: Trendsiz seride seviye kırılması

$$y_t = \mu_0 + \Theta DU_t(T_b) + y_t^* \quad (12)$$

Model 1: Trendli seride seviye kırılması

$$y_t = \mu_0 + \beta_t + \Theta DU_t(T_b) + y_t^* \quad (13)$$

Model 2: Trendli seride trend ve seviye kırılması

$$y_t = \mu_0 + \beta_t + \Theta DU_t(T_b) + \gamma DU_t(T_b) + y_t^* \quad (14)$$

Model 3: Trendli seride trend kırılması

$$y_t = \mu_0 + \beta_t + \gamma DT_t(T_b) + y_t^* \quad (15)$$

Burada $DU_t(T_b)$ kırılma zamanı için oluşturulmuş seviyede kırılma kukla değişken,$DT_t(T_b)$ kırılma zamanı için oluşturulmuş trend kırılması kukla değişkeni, y_t^* ise denklemlerin hata terimleri olup seriler trendden arındırılmış serilerdir. Yaklaşım iki aşamalıdır. Birincisi yukarıdaki eşitlikler yardımıyla seri trendden arındırılır. İkinci

aşamada ise aşağıdaki test denklemleri ile birim kökün varlığı araştırılır. (Yamak & Erdem, 2017, s. 101)

Model 0,1 ve 2 için;

$$y_t^* = \sum_{i=0}^{k} w_i D_{t-i}(T_b) + \alpha y_{t-i}^* + \sum_{i=0}^{k} c_i \Delta y_{t-i}^* + \mu_i \quad (16)$$

Model 3 için;

$$y_t^* = \alpha y_{t-i}^* + \sum_{i=0}^{k} c_i \Delta y_{t-i}^* + \mu_i \quad (17)$$

Yapısal kırılmalı değişkenler için ADF birim kök testi ile yapısal kırılmalı birim kök testi arasında bulgular bakımından uyumsuzluk olması durumunda değişkenlerin içerdiği yapısal kırılmalı dikkate alan yapısal kırılmalı birim kök testi bulgularının daha güvenilir oldukları bilinmektedir. Diğer yandan değişkenlerin yapısal kırılmalarına dair kuşkular ise yapısal kırılmalı birim kök testinde yer alan kırılma kuklalarının istatistiksel anlamlılıkları incelenerek giderilebilir. Testte yapısal kırılma dönemleri dışsal olarak belirlenebildiği gibi özellikle birden fazla yapısal kırılmanın görüldüğü seriler için Dickey-Fuller Min t istatistiği de kırılma dönemlerinin seçimi için faydalı olabilmektedir.

Yapılan birim kök testleri sonucunda EMISYON değişkeninin düzeyde durağan, diğer değişkenlerin ise düzeyde durağan olmayan fakat birinci devreselfarkında durağanlaşan I(1) değişkenler oldukları görülmüştür. Düzeyde durağan olmayan fakat birinci devresel fakında durağanlaşan değişkenler için geleneksel ekonometride değişkenlerin farklarını alınarak kullanılması yaygın bir uygulamadır. Fakat uzun dönem ilişkiyle ilgili bilgiyi ortadan kaldırması sebebiyle durağan olmayan değişkenlerin bu şekilde kullanılmasının uygun olmadığı Granger ve Newbold tarafından açıklanmıştır (Granger ve Newbold, 1977).

Modern ekonometri de durağan olmayan değişkenler arasındaki ilişkilerin eş bütünleşme analizleri ile incelenmesi önerilmektedir. Eş bütünleşme kavramı literatüre Engle-Granger tarafından kazandırılmıştır. Eş bütünleşmenin iktisadi yorumuna göre, iki veya daha fazla seri, uzun döneme yayılan bir denge eşitliği oluşturacak bir biçimde birbirleriyle ilişkili iseler, seriler skolastik trend içerseler (durağan olmasalar) dahi, zaman içinde birbirleriyle yakın hareket ederler ve aralarındaki fark istikrarlı yani durağandır. Bu durumda eş bütünleşme kavramı, ekonomik sistemin zaman içinde

yakınsadığı ve uzun dönem denge ilişkisinin varlığı anlamına gelmektedir (Harris ve Sollis, 2003: 22).

Bu araştırmada gerek değişkenlerin farklı derecede durağan olmaları gerekse küçük örneklem etkinliğinin yüksek olması sebebiyle ARDL eş bütünleşme yönteminden faydalanılmıştır.

ARDL sınır testi yaklaşımı iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama değişkenler arasında uzun dönem ilişkinin varlığını sınanır. İkinci aşamada ilk aşamada eş bütünleşik oldukları tespit edilen serilerin kısa ve uzun dönem katsayıları hesaplanır. Anlaşılabilirlik amacıyla iki değişkenli bir araştırma modeli için sınır testi yaklaşımında uzun dönemli ilişkinin sınanması amacıyla aşağıdaki denklem tahmin edilir (Pesaran ve Shin, 2001).

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \delta_i \Delta Y_{t-1} + \sum_{i=0}^{q} \lambda_i \Delta X_{t-i} + \mu_t \quad (18)$$

Eşitlikteki;

p= bağımlı değişkendeki optimal gecikme sayısı

q =bağımsız değişkendeki optimal gecikme sayısı

β_0 , β_1, β_2 , $\delta_i$ve λ_i katsayıları

Δ = Değişkenin farkını ifade eder.

Değişkenler arasındaki eş bütünleşme ilişkisi için sıfır hipotezi şu şekildedir;

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$$

Hesaplanan test istatistiği belirlenmiş alt kritik sınırdan küçük ise eş bütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilemez, test istatistiği belirlenmiş üst kritik sınırdan büyük ise eş bütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilerek eş bütünleşmenin olduğuna karar verilir. Test istatistiğinin alt ve üst sınır değerleri arasında olması durumunda ise eş bütünleşme konusunda karar verilemez.

Seriler arasında eş bütünleşme olduğu tespit edildikten sonra ARDL(p,q) modeli tahmin edilir. ARDL(p,q) modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p} \delta_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \lambda_i X_{t-i} + \mu_t \quad (19)$$

ARDL(p,q) modelinde bağımsız değişken için uzun dönem katsayıları aşağıdaki gibi tahmin edilir.

$$\theta_i = \frac{\lambda_0 + \lambda_p + \cdots \lambda_p}{1 - \delta_1 + \delta_2 + \cdots \delta_q} \quad (20)$$

Uzun dönem katsayıların tahmin edilmesinden sonra hata düzeltme modeli kurularak kısa dönem katsayıları elde edilir.

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 EC_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \delta_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \lambda_i \Delta X_{t-i} + \mu_t \quad (21)$$

Denklemdeki EC hata düzeltme terimini ifade eder, bağımsız değişkenlerden bağımlı değişkene doğru nedensellik ilişkisinin varlığını test etmek için hata düzeltme teriminin anlamlı ve 0 ile -2 aralığında yer alması gerekir. [3]

Diğer yandan ARDL modeli Otoregresif kısmında temel varsayımların testleri sırasında otokorelasyonsuzluk varsayımının sınanması için Breusch-Godfrey Otokorelasyon Testi, sabit varyans varsayımının incelenmesi için ise White Heteroskedastisite Testinden faydalanılmıştır. Modeldeki fonksiyonel formun doğruluğunun testi için Ramsey Reset testi kullanılmıştır. Hata terimlerinin pür rastsal yürüyüş sürecine sahip olup olmadığının incelenmesi amacıyla hata terimleri ortalamaları ve Jarque-Berra normal dağılım test istatistikleri incelenmiş ve modelde herhangi bir varsayım sapmasına rastlanmamıştır. Son olarak modelde tahmin edilenkatsayıların istikrar koşullarının incelenmesi amacıyla Cusum ve Cusum Kare testlerinden faydalanılmıştır.

4.4.4.Bulgular

Araştırmanın bu kısmında veri analizi sonucu elde edilen bulgular paylaşılmıştır.

[3] Genel Hata Düzeltme Modellerinde -1 ile 0 aralığında olması beklenen Hata düzeltme terimi için ARDL modelde 0 ile -2 aralığı kabul görmektedir. 0 ile -1 arasındaki hata düzeltme terimi denge sapmalarının periyodik olarak, ile -2 arasındaki hata düzeltme terimi ise denge sapmalarının dalgalı bir şekilde düzeltildiğini göstermektedir.(Alam & M.Quazi, 2003, s. 16-17)

4.4.4.1. Betimsel İstatistikler

Araştırmada yer alan değişkenler için hesaplanan betimsel istatistikler Tablo 4.2'deki gibidir.

Tablo 4.2. Değişken Betimsel İstatistikleri

İstatistik	BITCOIN	EMİSYON	MSCI
Ortalama	20288.180	30635.430	186.799
Medyan	10818.600	28396.000	196.820
Maksimum	61309.600	61325.000	255.460
Minimum	3437.200	2024.000	97.280
Standart Sapma	16805.490	15612.130	41.714
Çarpıklık (S)	0.213	0.079	-0.424
Basıklık (K)	1.859	2.108	2.203
Jarque-Bera	3.770 [0.152]	2.087 [0.352]	3.438 [0.179]
Gözlem Sayısı	61	61	61

***(%1), **(%5), * (%10) anlamlılık düzeyinde anlamlılıkları ifade eder, Jarque-Bera Normal Dağılım Testi Logaritmik Değişkenler Üzerinden Gerçekleştirilmiştir.

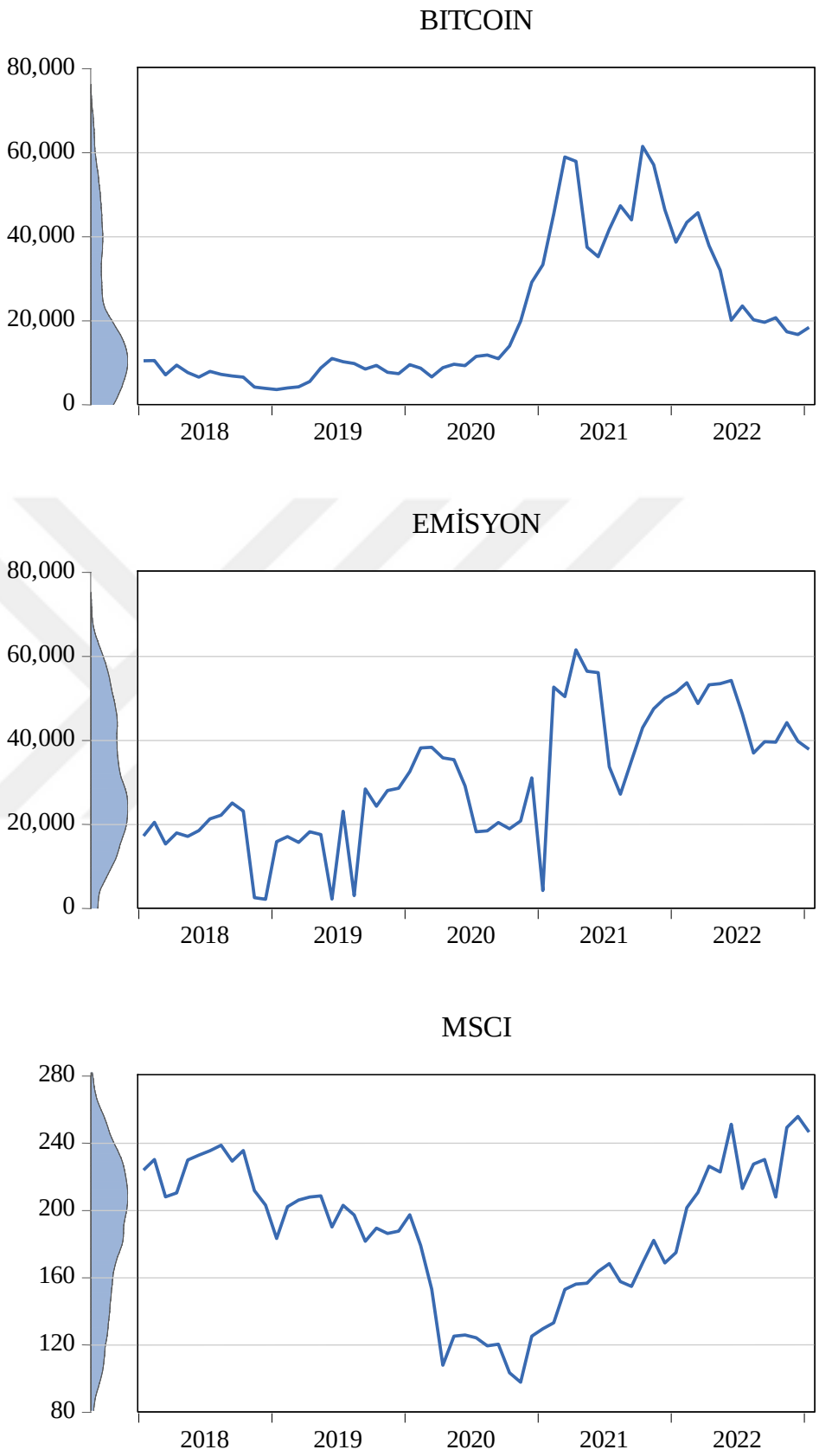
BITCOIN değişkeni minimum 3437.200 ile maksimum 61309.600 değerleri arasında 20288.180 ortalama etrafında 16805.490 standart sapma değeri ile dağılmaktadır. Değişkenin logaritmik formu normal dağılıma uymaktadır. (J.B=3.770, Sig.>0.10).

EMISYON değişkeni minimum 2024.000 ile maksimum 61325.000 değerleri arasında 30635.430 ortalama etrafında 15612.130 standart sapma değeri ile dağılmaktadır. Değişkenin logaritmik formu normal dağılıma uymaktadır. (J.B=2.087, Sig.>0.10).

MSCI değişkeni minimum 97.280 ile maksimum 255.460 değerleri arasında 186.799 ortalama etrafında 41.714 standart sapma değeri ile dağılmaktadır. Değişkenin logaritmik formu normal dağılıma uymaktadır. (J.B=3.438, Sig.>0.10).

Değişkenlere ait zaman kutu diyagramları ve histogram grafikleri eklerde paylaşılmıştır. (EK1-EK2)

Değişken zaman seyir grafikleri ise Grafik 4.1'deki gibidir.



Grafik 4.1. Değişken Zaman Seyir Grafikleri

Grafik 4.1 incelendiğinde bağımlı değişken BITCOIN için yukarı yönlü trend ve dönemsel yapısal kırılmaların gözlemlendiği söylenebilir. Benzer şekilde EMISYON değişkeni de yukarı yönlü trend ve yapısal kırılma özellikleri göstermektedir. Diğer yandan MSCI değişkeni için dönem boyunca belirgin bir trend söz konusu değil iken (azalan ve artan trend) yapısal kırılma özellikleri görülmektedir. Değişkenlerin trend yapılarının daha kolay görülebilmesi için incelenen Hodrick Prescott trend ayrıştırma filtresi grafikleri eklerde sunulmuştur. (EK3-EK4-EK5)

4.4.4.2.Mevsimsellik Testleri

Değişkenlerdeki mevsimsel etkilerin incelenmesi amacıyla yapılan F ve Kruskal Wallis testi bulguları tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 4.3. Mevsimsel Etki Testleri

Değişken	F Test	Kruskal Wallis Test	Sig.[4]
BITCOIN	F(11, 49)=1.698	$\chi^2(11)=17.246$	Sig.=0.999
EMISYON	F(11, 49)=2.433**	$\chi^2(11)=33.772$**	Sig.=0.039
MSCI	F(11, 49)=0.873	$\chi^2(11)=10.876$	Sig.=0.873

*** (%1), ** (%5),* (%10) anlamlılık düzeyinde istatistiksel anlamlılıkları ifade etmektedir. Mevsimsellik testi için H_0: Mevsim ortalamaları birbirine eşittir. (Mevsimsellik Yoktur.), χ^2:Ki-Kare Test İstatistiği, F: F Test istatistiği ,(parantez içleri test serbestlik derecelerini içermektedir.) χ^2(S.D.), F(S.D.1, S.D.2)

Tablo incelendiğinde BITCOIN değişkeni için ay ortalamalarının aynı olduğu yönündeki sıfır hipotezinin %10 anlamlılık düzeyinde reddedilemediği görülmektedir. ($\chi^2(11)=17.246$, Sig.>0.10) Daha açık bir ifade ile değişkende istatistiksel olarak önemli bir mevsimsel etki saptanmamıştır.

EMISYON değişkeni için yapılan mevsimsel etki testleri incelendiğinde %5 anlamlılık düzeyinde ay ortalamalarının eşit olduğu yönündeki sıfır hipotezinin reddedilip, en az bir ayın diğerlerinde manidar bir şekilde farklı ortalamaya sahip olduğu yönündeki alternatif hipotezin kabul edildiği görülmektedir. ($\chi^2(11)=33.772$, Sig.<0.05). Daha açık bir ifade ile değişken için %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir mevsim etkisinin saptandığı söylenebilir.

[4] Anlamlılık değeri (Sig.) Kruskal Wallis testine aittir.

MSCI değişkeni için ay ortalamalarının aynı olduğu yönündeki sıfır hipotezinin %10 anlamlılık düzeyinde reddedilemediği görülmektedir. ($\chi^2(11)=10.876$, Sig.>0.10) Başka bir ifade ile değişkende istatistiksel olarak önemli bir mevsimsel etki saptanmamıştır.

Değişkenler için mevsimsel etkilerin görsel olarak incelebilmesi amacıyla değişken mevsimsellik grafikleri eklerde sunulmuştur. (EK6)

EMISYON değişkeni için saptanan mevsimsel etki X-12 Census yöntemi ile arındırmaya tabi tutulduktan sonra değişkenlerin logaritmaları alınarak analizlere devam edilmiştir.[5]

4.4.4.3. Birim Kök Testleri

Değişkenlerin durağanlık durumlarının incelenmesi amacıyla uygulanan ADF ve PP birim kök testlerine ait bulgular tablo 4'teki gibidir.

Tablo 4.4. ADF ve PP Birim Kök Testi Bulguları

Değişken	ADF		PP	
	Sabit	**Trend Ve Sabit**	**Sabit**	**Trend Ve Sabit**
Log(BITCOIN)	-1.169(1)	-1.771(1)	-1.199{4}	-1.786{4}
	[0.681]	[0.706]	[0.669]	[0.699]
Δ Log(BITCOIN)	-6.417(0)***	-6.361(0)***	-6.451{3}***	-6.396{3}***
	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
Log(EMİSYON)	-4.629(0)***	-6.188(0)***	-4.694{3}***	-6.159{1}***
	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
Log(MSCI)	-1.342(1)	-1.179(0)	-1.305{2}	-1.135{1}
	[0.605]	[0.906]	[0.622]	[0.914]
Δ Log(MSCI)	-7.975(0)***	-8.171(0)***	-7.975{1}***	-8.171{1}***
	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]

*** (%1), ** (%5), * (%10) Anlamlılık Düzeyinde H_0 Hipotezlerinin Reddedildiğini İfade Etmektedir. Birim Kök Testleri İçin H_0: Seri Birim Kök İçermektedir. (Seri durağan değildir.) Δ : Değişkenin Birinci Devresel Farkını İfade Eder,[Köşeli Parantez İçindeki Değerler Test Anlamlılık Değerini içerir], (Parantez İçindeki Değerler Optimal Gecikme (Lag) değerlerini İçermekte Olup Maksimum 8 Gecikmeye Kadar Olan Gecikmeler Arasından Schwarz Bilgi Kriteri Doğrultusunda Belirlenmiştir. {Küme Parantezi İçerisindeki Değerler PP Testi İçin Optimal Bant Genişliğini İçermekte Olup Newey-West Kriteri Doğrultusunda Belirlenmiştir.}

[5]Değişkenlerin logaritmaları alınmadan önce mevsimselliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Zira logaritmik dönüşüm sonucu mevsim endeksleri değişirken mevsimsellik testleri de yanılabilmektedir. (Yamak & Erdem, 2017, s. 16)

Tablo 4.4 incelendiğinde Log(BITCOIN) değişkeni için ADF testi sabitli (t=-1.169, Sig.>0.10) ile sabit ve trendli (t=-1.771,Sig.>0.10) spesifikasyonları için %10 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedilemediği görülmektedir. Benzer şekilde PP birim kök testi için de sabitli (t=-1.199, Sig.>0.10) ile sabit ve trendli (t=-1.786,Sig.>0.10) spesifikasyonları için %10 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedilemediği görülmektedir. Budurumda ADF ve PP birim kök testlerine göre değişkenin düzeyde durağan olmadığı söylenebilir. Değişkenin birinci farkı için uygulanan ADF testi sabitli (t=-6.417, Sig.<0.01) ile sabit ve trendli (t=-6.361,Sig.<0.01) spesifikasyonları için %1 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedildiği görülmektedir. Benzer şekilde PP birim kök testi sabitli (t=-6.451, Sig.<0.01) ile sabit ve trendli (t=-6.396, Sig.<0.01) spesifikasyonları için %1 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedildiği görülmektedir. Bu durumda değişkenin birinci farkında durağan bir değişken olduğu söylenebilir.

Log(EMISYON) değişkeni için uygulanan ADF testi sabitli (t=-4.629, Sig.<0.01) ile sabit ve trendli (t=-6.188, Sig.<0.01) spesifikasyonları için %1 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedildiği görülmektedir. Benzer şekilde PP birim kök testi sabitli (t=-4.694, Sig.<0.01) ile sabit ve trendli (t=-6.159, Sig.<0.01) spesifikasyonları için %1 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedildiği görülmektedir. Bu durumda değişkenin düzeyde durağan bir değişken olduğu söylenebilir.

Log(MSCI) değişkeni için ADF testi sabitli (t=-1.342, Sig.>0.10) ile sabit ve trendli (t=-1.179, Sig.>0.10) spesifikasyonları için %10 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedilemediği görülmektedir. Benzer şekilde PP birim kök testi için de sabitli (t=-1.305, Sig.>0.10) ile sabit ve trendli (t=-1.135, Sig.>0.10) spesifikasyonları için %10 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedilemediği görülmektedir. Bu durumda ADF ve PP birim kök testlerine göre değişkenin düzeyde durağan olmadığı söylenebilir. Değişkenin birinci farkı için uygulanan ADF testi sabitli (t=-7.975, Sig.<0.01) ile sabit ve trendli (t=-8.171,Sig.<0.01) spesifikasyonları için %1 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedildiği görülmektedir. Benzer şekilde PP birim kök testi sabitli (t=-7.975, Sig.<0.01) ile sabit ve trendli (t=-8.171, Sig.<0.01) spesifikasyonları

için %1 anlamlılık düzeyinde durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin reddedildiği görülmektedir. Bu durumda değişkenin birinci farkında durağan bir değişken olduğu söylenebilir.

Değişkenlerde görülen yapısal kırılmalar nedeniyle klasik birim kök testlerinde ortaya çıkabilecek tutarsızlıklar nedeniyle değişkenlerin durağanlık düzeylerinin yapısal kırılmaları dikkate alan yapısal kırılmalı ADF birim kök testi ile de incelenmesine karar verilmiştir. Yapısal kırılmalı ADF birim kök testi bulguları 4.5'teki gibidir.

Tablo 4.5. ADF And PP Unit Root Tests

Değişken	**Yapısal Kırılmalı ADF Birim Kök Testi**			
	Spesifikasyon			
	Sabit	**Kırılma Spesifikasyonu**		
		Trend Ve Sabit		
		Sabit	**Trend**	**Sabit Ve Trend**
Log(BITCOIN)	-3.076$^{(1)}$	-3.171$^{(1)}$	-3.232$^{(1)}$	-3.872$^{(0)}$
	[0.642]	[0.856]	[0.569]	[0.605]
Δ Log(BITCOIN)	-6.872$^{(0)}$***	-7.266$^{(0)}$***	-7.022$^{(0)}$***	-7.523$^{(0)}$***
	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
Log(EMİSYON)	-6.786$^{(0)}$***	-7.025$^{(0)}$***	-6.593$^{(0)}$***	-7.123$^{(0)}$***
	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
Log(MSCI)	-2.008$^{(0)}$	-2.783$^{(0)}$	-3.943$^{(0)}$	-2.213$^{(0)}$
	[0.982]	[0.955]	[0.196]	[0.964]
Δ Log(MSCI)	-10.571$^{(0)}$***	-10.366$^{(0)}$***	-8.276$^{(0)}$***	-10.345$^{(0)}$***
	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]

*** (%1), ** (%5), * (%10) Anlamlılık Düzeyinde H_0 Hipotezlerinin Reddedildiğini İfade Etmektedir. Birim Kök Testleri İçin H_0: Seri Birim Kök İçermektedir. (Seri durağan değildir.) Δ : Değişkenin Birinci Devresel Farkını İfade Eder,[Köşeli Parantez İçindeki Değerler Test Anlamlılık Değerini içerir], (Parantez İçindeki Değerler Optimal Gecikme (Lag) değerlerini İçermekte Olup Maksimum 8 Gecikmeye Kadar Olan Gecikmeler Arasından Schwarz Bilgi Kriteri Doğrultusunda Belirlenmiştir. Kırılma dönemleri içsel olarak Dickey-Fuller Min-t istatistiği tarafından belirlenmektedir.

Tablo incelendiğinde Log(BITCOIN) değişkeni için sabitli modelde sabit kırılmalı (t=-3.076, Sig.>0.10), sabit ve trendli modelde sabit kırılmalı (t=-3.171, Sig.>0.10), sabit ve trendli modelde trend kırılmalı (t=-3.232, Sig.>0.10), sabit ve trendli modelde sabit ve trend kırılmalı (t=-3.872, Sig.>0.10) spesifikasyonların tümü için durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin %10 anlamlılık düzeyinde

reddedilmediği görülmektedir. Değişken birinci farkı için ise sabitli modelde sabit kırılmalı (t=-6.872, Sig.<0.01), sabit ve trendli modelde sabit kırılmalı (t=-7.266, Sig.<0.01), sabit ve trendli modelde trend kırılmalı (t=-7.022, Sig.<0.01), sabit ve trendli modelde sabit ve trend kırılmalı (t=-7.523, Sig.<0.01) spesifikasyonların tümü için durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiği görülmektedir. Daha açık bir ifade ile değişken ADF ve PP birim kök testi ile uyumlu bir şekilde düzeyde durağan olmayan fakat birinci devresel farkında durağanlaşan bir değişkendir. (Log(BITCOIN)~I(1))

Log(EMISYON) değişkeni için sabitli modelde sabit kırılmalı (t=-6.786, Sig.<0.01), sabit ve trendli modelde sabit kırılmalı (t=-7.025, Sig.<0.01), sabit ve trendli modelde trend kırılmalı (t=-6.593, Sig.<0.01), sabit ve trendli modelde sabit ve trend kırılmalı (t=-7.123, Sig.<0.01) spesifikasyonların tümü için durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiği görülmektedir.Daha açık bir ifade ile değişken ADF ve PP birim kök testi ile uyumlu bir şekilde düzeyde durağan bir değişkendir. (Log(EMISYON)~I(1))

Log(MSCI) değişkeni için sabitli modelde sabit kırılmalı (t=-2.008, Sig.>0.10), sabit ve trendli modelde sabit kırılmalı (t=-2.783, Sig.>0.10), sabit ve trendli modelde trend kırılmalı (t=-3.943, Sig.>0.10), sabit ve trendli modelde sabit ve trend kırılmalı (t=-2.213, Sig.>0.10) spesifikasyonların tümü için durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin %10 anlamlılık düzeyinde reddedilmediği görülmektedir. Değişkenbirinci farkı için ise sabitli modelde sabit kırılmalı (t=-10.571, Sig.<0.01), sabit ve trendli modelde sabit kırılmalı (t=-10.366, Sig.<0.01), sabit ve trendli modelde trend kırılmalı (t=-8.276, Sig.<0.01), sabit ve trendli modelde sabit ve trend kırılmalı (t=-10.345, Sig.<0.01) spesifikasyonların tümü için durağan dışılığı ifade eden sıfır hipotezlerinin %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiği görülmektedir. Daha açık bir ifade ile değişken ADF ve PP birim kök testi ile uyumlu bir şekilde düzeyde durağan olmayan fakat birinci devresel farkında durağanlaşan bir değişkendir. (Log(MSCI)~I(1))

4.4.4.4. Korelasyon ve Saçılım Grafikleri

Değişkenler arasındaki korelasyon matrisi tablo 4.6'daki gibidir.

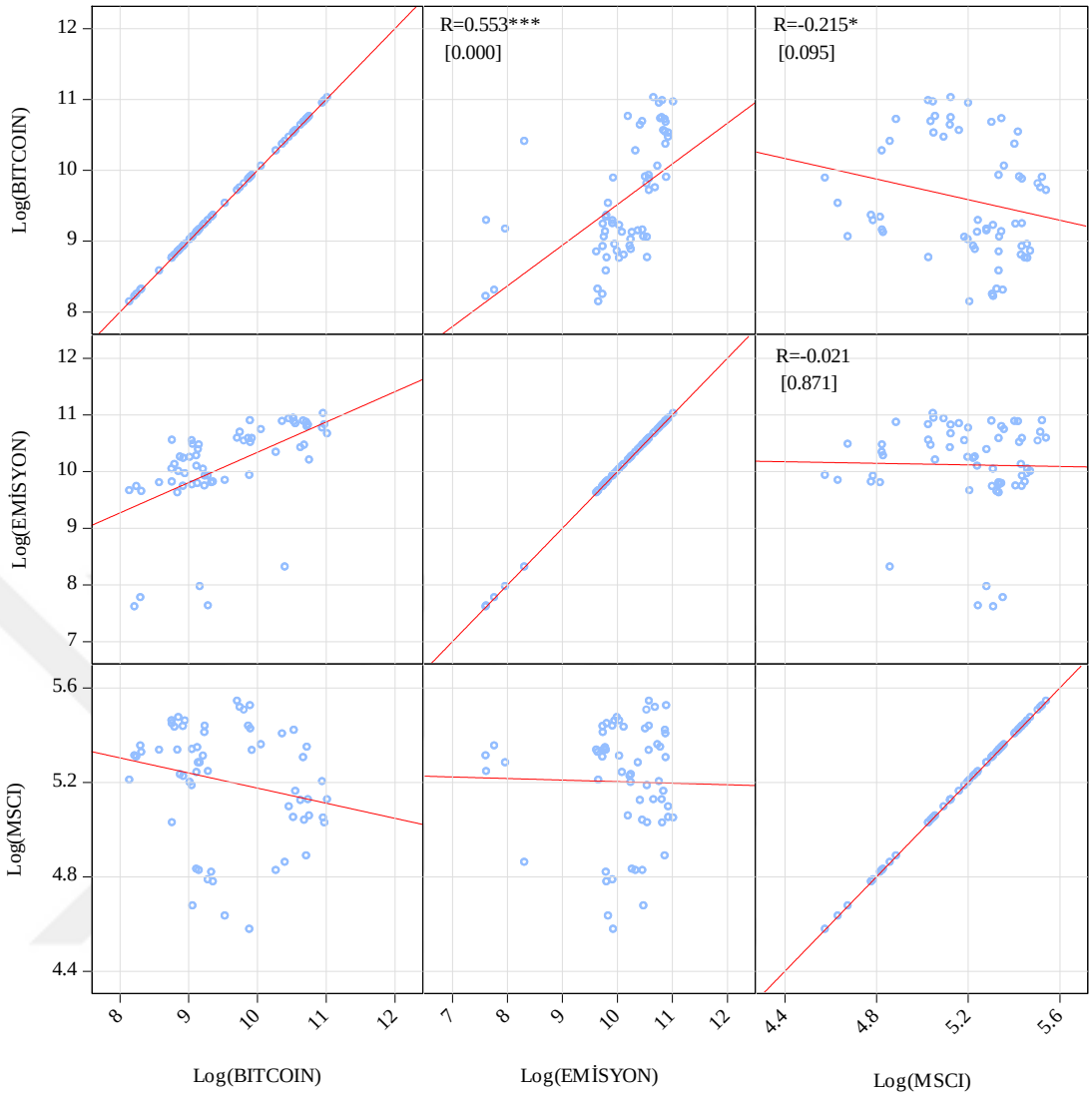
Tablo 4.6. Değişkenler Arası Korelasyon Matrisi

	Log(BITCOIN)	**Log(EMISYON)**	**Log(MSCI)**
Log(BITCOIN)	1.000 -		
Log(EMISYON)	0.553*** [0.000]	1.000 -	
Log(MSCI)	-0.215* [0.095]	-0.021 [0.870]	1.000 -

*** (%1), ** (%5), * (%10) Anlamlılık Düzeyinde Anlamlılığı İfade Eder, [köşeli parantez içi anlamlılık değerlerini içerir.]

Tablo 6 incelendiğinde Log(BITCOIN)ile Log(EMISYON) arasında %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli ve orta düzeyde pozitif bir korelasyon ilişkisinin olduğu görülmektedir. ($0.5<R_{XY}<0.7$, Sig.<0.01).Log(BITCOIN)ile Log(MSCI) arasında ise %10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli negatif ve düşük düzeyde bir korelasyon ilişkisi söz konusudur. ($0.2<R_{XY}<0.4$, Sig.<0.10). Log(EMISYON) ile Log(MSCI) arasında ise istatistiksel olarak önemli bir korelasyon ilişkisine rastlanmamıştır. (Sig.>0.10).

Değişkenler arası saçılım grafiği Grafik 4.2'deki gibidir.



Grafik 4.2. Değişkenler Arası Saçılım Grafiği

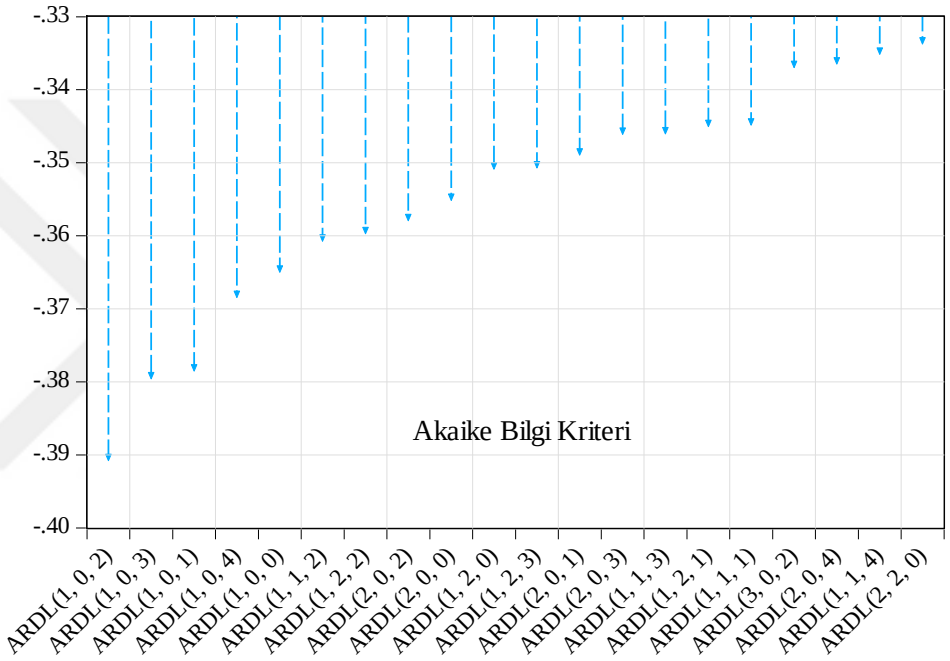
Grafik incelendiğinde Log(BITCOIN)ile Log(EMISYON) arasındaki pozitif orta düzeyde korelasyon ve Log(BITCOIN)ile Log(MSCI) arasındaki negatif düşük korelasyonlar dikkat çekerkenLog(EMISYON) ile Log(MSCI) arasında doğrusal veya doğrusala yakın bir ilişki gözlemlenmemektedir.

4.4.4.5. Model Tahminleri

Araştırma modellerinde yer alan değişkenlerin tamamının durağan olmaması sebebiyle eş bütünleşme analizlerinin yapılmasına karar verilmiştir. Diğer yandan değişkenlerden bir tanesinin düzeyde durağan diğerlerinin ise düzeyde durağan olmayan fakat birinci devresel farkında durağanlaşan bir değişken olması üzerine farklı derecede

durağan olan değişkenler arasındaki eş bütünleşme ilişkilerinin incelenmesine olanak sağlayan ARDL eş bütünleşme yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. ARDL eş bütünleşme analizinin bir diğer avantajı ise küçük örneklem etkinlik özelliklerinin diğer eş bütünleşme analizlerine göre daha iyi olduğu bilinmesidir.

ARDL eş bütünleşme analizi otoregresif denklem tahmininde yer alan değişkenler gecikmelerinin seçimi amacıyla farklı gecikmelerdeki Akaike Bilgi Kriterleri karşılaştırılmış optimal (en küçük) Akaike Bilgi Kriterine sahip otoregresif model seçilmiştir. Akaike Bilgi Kriteri karşılaştırmalarını içeren grafik grafik 3'teki gibidir.



Grafik 4.3. Optimal Gecikmeler İçin Akaike Bilgi Kriteri Karşılaştırmaları

Grafik incelendiğinde en iyi Akaike bilgi kriterine sahip 20 model içinde en küçük Akaike bilgi kriterine sahip olan modelin ARDL (1, 0, 2) olduğu görülmektedir. Daha açık bir ifade ile optimal otoregresif denklem bağımlı değişken Log(BITCOIN) için 1, bağımsız değişkenler Log(EMISYON) için gecikmesiz, bağımsız değişken Log(MSCI) için ise 2 gecikme içeren modeldir. ARDL model için otoregresif model ile kısıtlı ve kısıtsız hata düzeltme modellerine dair açılımlar ekte sunulmuştur.

ARDL model bulguları 7'deki gibidir.

Tablo 4.7. ARDL Model Bulguları

Otoregresif Model				
Değişken	**β**	**S.H**	**t**	**Sig.**
Log($BITCOIN_{t-1}$)	0.847	0.055	15.375***	0.000
Log($EMİSYON_t$)	0.050	0.045	1.102	0.276
Log($MSCI_t$)	0.163	0.286	0.571	0.570
Log($MSCI_{t-1}$)	-0.232	0.378	-0.616	0.541
Log($MSCI_{t-2}$)	-0.378	0.306	-1.234	0.223
Sabit Terim	3.185	0.859	3.709***	0.001
TREND	0.003	0.002	1.323	0.192
Tanısal İstatistikler				
White		F(28, 30)=0.442		Sig.=0.987
LM		F(2, 49)=0.749		Sig.=0.488
Ramsey Reset		F(1, 50)=0.050		Sig.=0.945
Hata Terimleri		J.B=0.105		Sig.=0.948
F Sınır Testi (H_0: Eş Bütünleşme Yoktur.)				
		Anlamlılık	**I(0)**	**I(1)**
F=6.210**		%1	7.057	8.243
		%5	5.190	6.200
		%10	4.350	5.283
Uzun Dönem Katsayıları				
Değişken	**β**	**S.H**	**t**	**Sig.**
Log(EMİSYON)	0.325	0.285	1.140	0.260
Log(MSCI)	-2.923	1.108	-2.638**	0.011
Hata Düzeltme Modeli Ve Kısa Dönem Katsayıları				
Değişken	**β**	**S.H**	**t**	**Sig.**
Sabit Terim	3.185	0.724	4.399***	0.000
TREND	0.003	0.002	1.945*	0.057
ΔLog($MSCI_t$)	0.163	0.270	0.606	0.548
ΔLog($MSCI_{t-1}$)	0.378	0.296	1.277	0.207
ECM_{t-1}	-0.153	0.035	-4.403***	0.000

*** (%1), **(%5), *(%10) anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezinin reddini ifade eder, Parametre anlamlılık testi için H_0: β=0, White Heteroskedastise Testi için H_0: Hata terimleri homoskedastiktir. Lag Breusch-Godfrey LM Otokorelasyon Testi için H_0: Hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur. Ramsey Reset Testi İçin H_0: Denklem fonksiyonel formu doğru kurulmuştur. F: F Test istatistiği, (parantez içi test serbestlik derecesini içermektedir.

Tabloda otoregresif model üzerinden test edilen tanısal istatistikler incelendiğinde White değişen varyans testine göre (F(28, 30)=0.442, Sig.>0.10) %10 anlamlılık düzeyinde değişen varyans sorunu olmadığı, LM otokorelasyon testine göre (F(2, 49)=0.749, Sig.>0.10) ise yine %10 anlamlılık düzeyinde 2.dereceden otokorelasyon sorununa rastlanmadığı söylenebilir. Ayrıca 24 gecikmeye kadar otokorelasyon örüntüsünü içeren Korelogram Grafiği incelenerek modelde herhangi bir dereceden otokorelasyon sorunu olmadığı görülmüştür. (EK7). Modelin fonksiyonel formunun doğruluğuna dair yapılan Ramsey Reset Testi doğrultusunda modelde herhangi bir fonksiyonel form hatasına rastlanmamıştır. (F(1, 50)=0.050, Sig.>0.10). Son olarak hata terimleri incelendiğinde sıfır ortalama ile normal dağılım gösteren pür rastsal yürüyüş sürecinde sahip oldukları görülmüştür.($\varepsilon \sim N(\mu, \sigma^2)$)

Otoregresif model üzerinden gerçekleştirilen varsayım sınamalarında herhangi bir varsayım sapması görülmediğinden uzun dönem eş bütünleşme ilişkisinin incelenmesi amacıyla F sınır testi istatistikleri incelenmiştir. Hesaplanan F istatistiği kritik tablo değerleri ile karşılaştırıldığında %1 anlamlılık düzeyinde eş bütünleşmenin olmadığı yönündeki sıfır hipotezinin reddedilemediği fakat %5 anlamlılık düzeyinde söz konusu hipotezin reddedildiği görülmüştür. (6.200<F=6.210<8.243) Daha açık bir ifade ile değişkenler arasında %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir uzun dönem dengesi saptanmıştır.

Uzun dönem denge ilişkisinin istatistiksel olarak anlamlı olması üzerinde uzun dönem katsayılarının incelenmesine geçilmiştir.

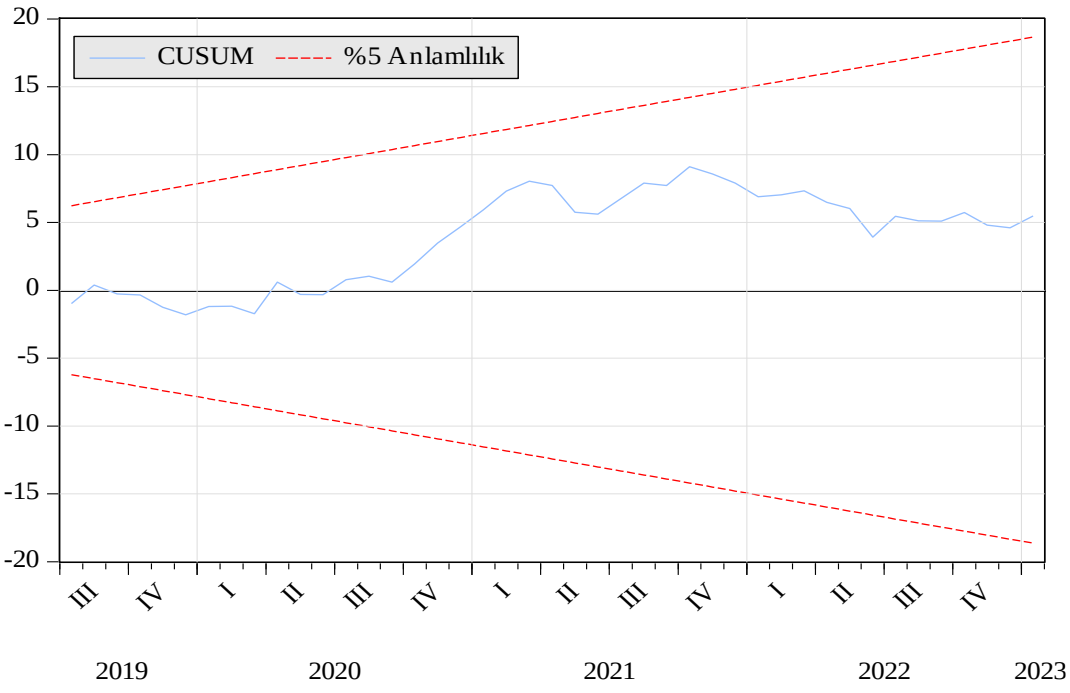
Log(EMİSYON) için hesaplanan uzun dönem katsayısının %10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür. (β=0.325, Sig.>0.10). Daha açık bir ifade ile ele alınan dönem boyunca Log(EMİSYON) değişkeninin Log(BITCOIN) değişkeni üzerinde bir etkisi saptanamamıştır.

Log(MSCI) değişkenin Log(MSCI) değişkeni üzerindeki uzun dönem etki tahmin katsayısının ise %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olduğu görülmektedir. (β=-2.923, Sig.<0.05). Daha açık bir ifade ile çalışma dönemi için uzun dönemde Log(MSCI) değişkeninin artması Log(BITCOIN) değişkeninin azalmasına, azalması ise artmasına neden olmaktadır.

Hata düzeltme mekanizmasının işlevselliği incelendiğinde hata düzeltme teriminin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı negatif ve mutlak değerce 1'den küçük olduğu görülmektedir. (ECM=-0.153, Sig.<0.01). Daha açık bir ifade ile hata düzeltme mekanizmasının periyodik bir şekilde işlevsel olduğu ve uzun dönem denge sapmalarının dönemler boyunca periyodik olarak tekrar dengeye getirildiği söylenebilir. Uyarlama katsayısı olarak da isimlendirilen katsayı büyüklüğü incelendiğinde uzun dönem sapmalarının yaklaşık 7 dönem (ay) sonra tamamen tekrar hata terimleri tarafında dengeye getirildiği söylenebilir.(1/0.153=6.54)

Kısa dönem katsayıları incelendiğinde optimal regresif modelde gecikme içermeyen Log(EMISYON) değişkeni için kısa dönem katsayılarının hesaplanmadığı, Log(MSCI) için hesaplanan kısa dönem katsayılarının ise %10 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. (Sig.>0.10). Daha açık bir ifade ile değişkenler arasında kısa dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin saptanamadığı söylenebilir.

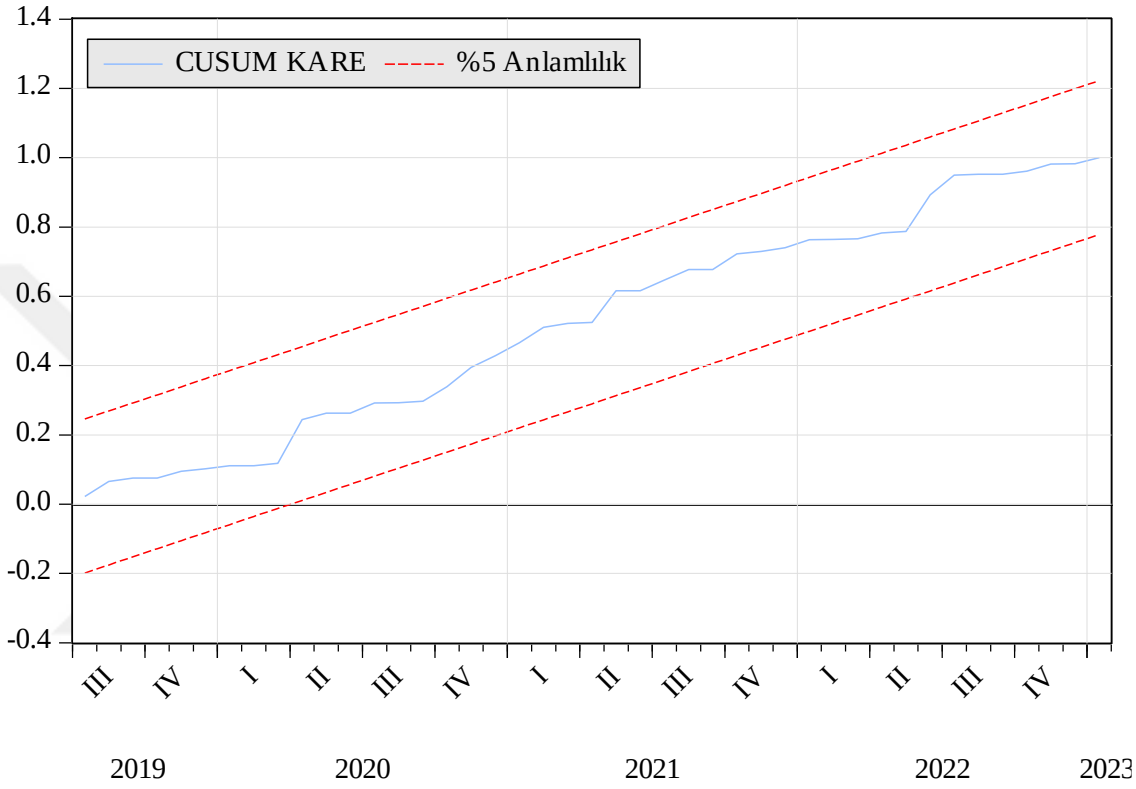
Modelde hesaplanan katsayıların istikrar koşullarını sağlayıp sağlamadığının incelenmesi amacıyla Cusum ve Cusum Kare testlerinden faydalanılmıştır. Cusum testi istatistikleri grafik 4'teki gibidir.



Grafik 4.4. Cusum Test İstatistikleri

Grafik incelendiğinde Cusum test istatistiğinin tüm dönemler için %5 anlamlılık bandı içerisinde yer aldığı görülmektedir. Daha açık bir ifade ile Cusum test istatistiklerine göre modelde tahmin edilen katsayıların %5 anlamlılık düzeyinde istikrar koşulunu sağladığı söylenebilir.

Cusum Kare testi istatistikleri grafik 5'teki gibidir.



Grafik 4.5. Cusum Kare Test İstatistikleri

Grafik incelendiğinde Cusum Kare test istatistiğinin tüm dönemler için %5 anlamlılık bandı içerisinde yer aldığı görülmektedir. Daha açık bir ifade ile Cusum Kare test istatistiklerine göre modelde tahmin edilen katsayıların %5 anlamlılık düzeyinde istikrar koşulunu sağladığı söylenebilir.

SONUÇ

Bitcoin 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adını kullanan bir kişi veya bir grup tarafından ortaya çıkarılan ilk kripto para birimidir. Ortaya çıktığı günden beri Bitcoin piyasasında yaşanan hızlı fiyat hareketleri, oluşturduğu volatilite ve spekülatif yapısı nedeniyle türevi olan kripto paralar arasında en çok ilgi çekeni ve kripto para sektörüne hakim olanıdır. Bitcoin fiyatındaki değişiklik, bitcoin piyasasının işlem hacminin artmasına ve piyasanın daha rekabetçi bir hal almasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda da yeni Bitcoinlerin ortaya çıkması gerekmektedir. Yeni bir bitcoin'in üretilmesi ise madencilik faaliyetleri sonucunda gerçekleşir. Bitcoin'in fiyatındaki değişiklik madencilerin daha fazla madencilik donanımına ve elektriğe yatırım yapmalarına neden olurken. Aynı zamanda madencilerin yeni Bitcoin'leri dolaşıma sokmak ve işlemleri doğrulamak için çözmek zorunda oldukları konsensüs algoritması piyasa hacminin artmasından kaynaklı olarak daha karmaşık bir hale gelmekte ve bu durumda daha fazla enerji kullanımına neden olmaktadır. Yani Bitcoin madenciliği enerji yoğun bir süreçten meydana gelmektedir.

Bitcoin madencilik işlemlerinin enerji kaynaklarına dayalı olması, madencilik işlemleri sırasında meydana gelen enerji tüketimi, sera gazı emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturan karbon emisyonunun artmasına neden olabileceği ve bu süreçte ortaya çıkabilecek çevresel etkiler, kripto paraların özellikle de Bitcoin çevresel etkileri hakkında birçok tartışmayı gündeme getirmiştir. Alan yazısında bitcoin madenciliğinin enerji tüketiminin ortaya çıkardığı çevresel etkinin yani Emisyon (CO_2) düzeyinin, Bitcoin fiyatıyla olan ilişkisi ortaya konulmaya çalışılırken diğer ele alınan nokta ise hisse senedi piyasalarında uzun yıllar geçirmiş olan yatırımcıların önemli bir kısmının kripto paraların hacmine katkıda bulunduğu gerçeğidir. Geleneksel yatırım araçlarına göre alışılmışın dışında olan bu yatırım araçları sürdürülebilirlik açısından bakıldığında güçlü sürdürülebilir profile sahip, sosyal ve çevresel etkileri içeren firmalara yer vermeyen aynı zamanda emisyon düzeyini en aza indiren birçok ülke ve firmayı kapsayan MSCI endeksi çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Çalışmada 2018 1. Ayı ile 2023 1. Ayı arasındaki tarihlerde Bitcoin fiyatı, Emisyon (CO_2) düzeyi, ve MSCI sürdürülebilirlik endeksine ait aylık verilerin karşılıklı ilişkisi saptanmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda çalışmada bağımlı değişken olarak

Bitcoin fiyatı (BTC), bağımsız değişken olarak da Emisyon (CO_2) düzeyi ve Sürdürülebilirlik endeksi (MSCI) analize dâhil edilmiştir. Bitcoin fiyatı ile Emisyon (CO_2) düzeyi ve Sürdürülebilirlik endeksi (MSCI) arasındaki ilişki 61 adet gözlem içeren ekonometrik bir zaman serisi oluşturularak analiz edilmeye çalışılmıştır. Çeşitli varsayımlara tabi tutulan değişkenlerin betimleyici özelliklerine bakılmış devamında analiz kapsamında toplanan verilerin aylık frekansta olmaları sebebiyle ortaya çıkabilecek mevsimsel etkilerin incelenmesi amacıyla ilk olarak Kruskal Wallis testi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra analiz kapsamında zaman serilerinin durağanlığını test edebilmek için Augmented Dickey Fuller (ADF) ve serinin yapısal kırılmaya maruz kalıp kalmadığını gösteren Philips-Perron Birim Kök Testleri yapılmıştır. Seride görülen yapısal kırılmalar nedeniyle klasik birim kök testlerinde ortaya çıkabilecek tutarsızlıklar nedeniyle değişkenlerin durağanlık düzeylerinin yapısal kırılmaları dikkate alan Yapısal Kırılmalı ADF birim kök testi ile incelenmesine de karar verilmiştir. Değişkenler arasındaki yapısal kırılmaların varlığı altında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı, değişkenlerden bir tanesinin düzeyde durağan diğerlerinin ise düzeyde durağan olmayan fakat birinci devresel farkında durağanlaşan bir değişken olması üzerine yani değişkenlerin tamamının aynı derecede entegre (tümleşme) olmamasından ve küçük örneklem etkinliğinin yüksek olması sebebiyle ARDL eşbütünleşme yöntemi ile analiz edilmiştir.

ARDL eşbütünleşme analizi sonucunda değişkenler arasında %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir uzun dönem dengesi saptanmıştır. Uzun dönem katsayılarının anlamlılık durumlarına baktığımızda, Emisyon (CO_2) değişkeni ile Bitcoin fiyatı arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Ancak MSCI değişkeni ile Bitcoin fiyatı arasında %5 düzeyinde negatif ama anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır. Elde edilen modelin katsayı değerleri ile olasılık değerlerine göre uzun dönemde, bütün şartlar eşit olduğunda MSCI değişkeninde meydana gelen bir puanlık bir artış, Bitcoin fiyatını % 2.923 azaltması beklenmektedir. Kısa dönem bulguları incelendiğinde Emisyon (CO_2) ve MSCI değişkenleri ile anlamlı bir ilişkinin varlığı tespit edilmemiştir.

Çalışmada elde edilen bulgular sonucunda, MSCI endeksi arttığında Bitcoin fiyatının bundan olumsuz etkilendiği ortaya çıkmıştır. Bunun da temel sebebinin çevresel kaygıların artması sonucunda yatırımcıların MSCI endeksine ilgisinin artmış

olabileceği ve bu durumunda Bitcoin fiyatını olumsuz yönde etkiliyor olması düşünülebilir. Aynı zamanda MSCI endeksinin sürdürülebilirlik bağlamında hangi ülke borsasına veya hangi hisse senedine yatırım yapılıp yapılmayacağı konusunda güçlü bir referans noktası oluşturması MSCI endeksinden yararlanmak isteyen BTC yatırımcılarının yatırım yaparken MSCI endeksine bakarak yatırım yapıp yapmama kararı vermelerine yardımcı olabilir.

Çalışmada elde edilen bir diğer sonuç ise Emisyon (CO_2) düzeyi ile Bitcoin fiyatı arasında bir ilişkinin varlığından söz edilememesidir. Bunun da asıl sebebi bir sistemin ne kadar eneji tükettiği ve ne kadar emisyon ortaya çıkardığını hesaplamanın gerçekte o kadar da kolay olmamasıdır. Kripto varlık analisti Nic Carter'in yazdığı haber yazısında bu durum şu şekilde ele alınmıştır; Bitcoin madenciliği yapan bilgisayarların kullandığı enerji tüketimini belirlemek nispeten daha kolay olsada enerji karışımının yani enerjinin kaynağının belirlenmesi o kadar da kolay değildir. Bitcoin'in enerji tüketimini tahmin etmeye çalışırken sadece hashrate'ine (yani, Bitcoin madenciliği ve işlemleri işlemek için kullanılan toplam birleşik hesaplama gücüne) bakılarak bulunabileceğini ama Emisyon düzeyinin bu kadar basit bir yolla bulunamadığını ifade etmişdir.[6] Cambridge Alernatif Finans Merkezi (CCAF) madenci konumlarının anonimleştirilmiş bir veri kümesini bir araya topladığı bilinse de bu verilere dayanarak, CCAF madencilerin ülkelere ve bazı durumlarda illere göre kullandıkları enerji kaynaklarını tahmin edebilir. Ancak veri kümeleri tüm madencilik havuzlarını içermediği ve güncel olmadığı için, bu da bizi Bitcoin'in gerçek enerji karışımı hakkında hala büyük ölçüde karanlıkta bıraktığı sonucunu ortaya koyabilir. Aynı zamanda New Mexico Üniversitesi'nden Benjamin A. Jones'in "Kripto madenciliğin çevreye etkisi" üzerine yaptığı çalışmada çoğunlukla fosil yakıtların kullanıldığını ancak ülkeden ülkeye mevsimden mevsime çevreye olan etkinin değişiklik gösterdiğini söylemiş ve bu nedenle birbirinden çok farklı tahminler çıktığını belirtmiştir.[7] O yüzden Bitcoin'in fiyatının Emisyon düzeyi ile ilişkisinin net bir şekilde ortaya konulabilmesi için enerjinin kaynağının net bir şekilde ayrıştırılması ve Bitcoin madenciliğinin enerji tüketimini etkileyen diğer faktörlerinde analiz kapsamına alınıp daha detaylı veriler ışığında analiz edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

[6]Yılmaz, E. (2021). Yeşil Haber.
[7] T24, (11. 10. 2021).

Bitcoin madenciliği, dünyanın her yerinde yapılabilir, çoğunlukla ucuz enerji bolluğu olan ülkelerde tercih edilir. Uzun yıllar boyunca madencilik için Çin tercih edilse de son zamanlarda Çin hükümeti buna karşı adımlar atmaya başlamış olmasını bizim yaptığımız çalışmanın bulguları ile bağdaştırdığımızda Emisyon düzeyi ile Bitcoin fiyatı arasındaki ilişkinin nört oluşu Çin hükümetinin Bitcoin madenciliği için aldığı önlemlerin Çin piyasaları için negatif bir etki oluşturacağını bizim açımızdan düşündürtmektedir. Çünkü her yeni teknolojik atılım ülkeler ve piyasalar açısından yeni bir etkinin ortaya çıkacağının bir göstergesidir. Bitcoin piyasasının ortaya çıkması da ülkeler ve piyasalar açısından özelliklede enerji piyasaları açısından farklı etkilerin ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Bu durumu bir örnekle açıklayacak olursak, Bitcoin piyasasına en yakın ve en çok referans verilen gerçek dünya analoğu "altın piyasası" dır. Altın piyasasında altının çıkarılması yani madenciliği için harcanan elektrik enerjisi ile Bitcoin madenciliği için harcanan elektrik enerjisi ortak tüketim özellikleri gösterirler ve harcanan enerji birbirine yakın seyreder. Bunun gibi aslında çevresel etkisi olan birçok sektör bulunmaktadır. Bu yüzden de Bitcoin piyasasının sürdürülebilmesi ve madencilik faaliyetlerinin devam etmesi için Bicoin madenciliğinin yüksek enerji tüketiyor iddialar nedeniyle yapılan yaptırımların önüne geçmek ve sürdürülebilirliğin sağlanması için çevre dostu enerji kaynaklarına yönelmenin yani yenilenebilir enerji kaynakları ile bu piyasanın desteklenmesi, kullanılan donanımların iyileştirilerek enerji verimliliği sağlanması, madencilik merkezlerinin yer seçiminde soğuk iklim bölgelerinin tercih edilerek doğal soğutma sağlanarak enerji tüketiminin azaltılmasına ya da enerji kaynaklarının bol olduğu bölgelerin tercih edilmesine ve son olarak da Bitcoin protokolü ve altyapısı üzerinde iyileştirmeler yapılması ülkeler tarafından desteklenmesi hem enerji piyasaları açısından hem de ortaya atılan iddialar açısından daha iyi olacağı düşünülmektedir. Bu sayede, enerji tüketimi ve çevresel etkiler daha dengeli bir şekilde dağıtılabilir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda daha geniş veya farklı bir veri dönemi ile Kripto para piyasasını temiz ve kirli kripto paralar olarak ayrıştıran ve çevresel etkilerin daha detaylı bir analizini ortaya koyan çeşitli göstergelerin kullanıldığı bir çalışma yapılması önerilebilir.

KAYNAKÇA

Ağan, B., & Aydın, Ü. (2018). "Kripto Para Birimlerinin Küresel Etkileri: Asimetrik Nedensellik Analizi".*Uluslararası Katılımlı 22. Finans Sempozyumu*, 797-816.

Akkus, H. T., Gursoy, S., Dogan, M., & Demir, A. B. (2022). Metaverse and metaverse cryptocurrencies (meta coins): Bubbles or future?. *Journal of Economics Finance and Accounting*, *9*(1), 22-29.

Akleylek, S., & Seyhan, K. (2018). "Blok Zinciri Bileşenleri ve Uygulamaları Üzerine Bir Derleme".*İnformasiya Təhlükəsizliyinin Aktual Multidissiplinar Elmi-Praktiki Problemləri, IV Respublika Konfransı Bildiri Kitabı*.

Aldemir, M. (2018).*Elektronik Para ve Blockchain'in Finansal Yönetim Üzerine Etkileri*(Master's thesis), İstanbul: Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Alharby, M., & Van Moorsel, A. (2017). "Blockchain Tabanlı Akıllı Sözleşmeler: Sistematik Bir Haritalama Çalışması".*arXiv ön baskı arXiv:1710.06372.*

Alkış, A. (2018). "İslam Hukuku Açısından Bitcoin ve Kripto Para".*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,*8*(2), 69-90.

Alsancak,B.C. (2020). *Tüketicilerin Ödeme Yöntemi Olarak Kripto Para Kullanımına Yönelik Tutumları Üzerine Bir Araştırma*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Altay, F (2017). 21. Yüzyılda Para Kavramı Bitcoin- Kripto Para- I. Yeni İpek Yolu Konya Ticaret Odası Dergisi, 34(357), s. 34- 39.

Angelis, J., & Da Silva, E. R. (2019). "Blockchain Adoption: A Value Driver Perspective".*Business Horizons*,*62*(3), 307-314.

Arvas, İ. S. (2022). "Gutenberg Galaksisinden Meta Evrenine: Üçüncü Kuşak İnternet, Web 3.0".*AJIT-e: Bilişim Teknolojileri Online Dergisi*,*13*(48), 53-70.

Asharaf, S., & Adarsh, S. (Eds.). (2017). Decentralized Computing Using Blockchain Technologies and Smart Contracts: Emerging Research and Opportunities, 1st ed. Pennsylvania, USA: IGI Global, 2017.

Atar, E., Ersoy, O. K., & Özyılmaz, L. (2016, May). "Character/text Data Compression and Encryption by Compressive Sensing and Hybrid Cryptography". In*2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU)*(pp. 365-368). IEEE.

Avrupa Bankacılık Otoritesi, (2014) https://www.eba.europa.eu/sites/default/documents/files/documents/10180/657547/81409b94-4222-45d7-ba3b-7deb5863ab57/EBA-Op-201408%20Opinion%20on%20Virtual%20Currencies.pdf? retry=1(Erişim Tarihi: 03.03.2021).

Aydemir, A. (2020). Bitcoin yeşil bir dünyanın neresinde?. ParibuLog. https://www.paribu.com/blog/perspektif/bitcoin-yesil-bir-dunyanin-neresinde-akar-aydemir/(Erişim Tarihi: 08.02.2022).

Bakır, E. (2021).*Covid-19 Pandemisi Sürecinde Kripto Para Birimleri ile Ekonomik Göstergeler Arasındaki İlişki,*(Master's thesis), Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Bayrak, F. (2019). *Kripto Paraların Finansal Hizmetlerdeki Yeri, Önemi ve Etkileri; Bir Uygulama Portföy Örneği.* İstanbul: Arel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Bauerle, N. (06.03.2023). "What is a Distributed Ledger?" https://www.coindesk.com/learn/what-is-a-distributed-ledger/ (Erişim Tarihi: 26.06.2023).

Bhaskar, P., Tiwari, C. K., & Joshi, A. (2021). Blockchain in education management: present and future applications. *Interactive Technology and Smart Education*, *18*(1), 1-17.

Bholane, K. P. (2021). "Pros and Cons of Cryptocurrency: A Brief Overview". *Marketıng, Fınance & Hrm*, 71. https://vpcollege.org/wp-content/uploads/2022/Research/research_publications/commr11.pdf (Erişim Tarihi: 12.09.2022).

Bilgi Platformu. "Peer To Peer(P2P) Nedir? P2P Ağı NasılÇalışır? 26 kasım 2021. https://www.btcturk.com/bilgi-platformu/peer-to-peer-nedir-p2p-agi-nasil-calisir/ (Erişim Tarihi: 23.11.2022).

Binance Academy (24.08.2021). Blok Zincirin Tarihçesi, (Çevrimiçi) https://academy.binance.com/tr/articles/history-of-blockchain(Erişim Tarihi: 22.01.2022).

Brito, J., Shadab, H., & Castillo, A. (2014). "Bitcoin Financial Regulation: Securities, Derivatives, Prediction Markets, and Gambling".*Colum. Sci. & Tech. L. Rev.*,*16*, 144.

BKM, 2020, "Herkes İçin Blokzincir" https://bkm.com.tr/wp-content/uploads/2015/06/herkes_icin_blokzincir_2020_web.pdf(Erişim Tarihi: 22.10.2022).

Bulut, M., & Aslan, A. (2020).*Sektörel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi,*(Master's thesis), Nevşehir: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi.

Calcaterra, C., Kaal, W. A., & Rao, V. (2020). "Stable Cryptocurrencies: First Order Principles".*Stan. J. Blockchain L. & Pol'y*,*3*, 62.

Canbaz, M. F. & Berkun, G. (2021). "Kripto Para Teknolojisi Ve İslami Finans Açısından Meşruiyeti". *Uluslararası Bankacılık Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4 (1) , 98-133 . DOI: 10.52736/ubeyad.958699

Candelario, B. (2015). "Bitcoin".*The University of Miami Inter-American Law Review*,*47*(1), 95-128.

CB Dijital Dönüşüm Ofisi, "Blokzincir Nedir?" https://www.youtube.com/watch?v=PQk_zQVftiE (Erişim Tarihi: 10.02.2022).

Cengiz, K. (2018). "En Popüler Kripto Para Birimi: Bitcoin".*Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*,*1*(2), 87-100.

Ccaf.io, (2019). Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi (CBECI) (ccaf.io) (Erişim Tarihi: 08.03.2022).

Chuen, D.L.K. (2015).*Handbook of Digital Currency : Bitcoin, Innovation, Financial Instruments. ProQuest Ebook Central*, http://ebookcentral.proquest.com/lib/ataturk-ebooks/detail.action?docID=2042366. (Erişim Tarihi: 03.03.2022).

Ciaian, P., Kancs, D. A., & Rajcaniova, M. (2021). “Interdependencies Between Mining Costs, Mining Rewards and Blockchain Security”.*arXiv preprint arXiv:2102.08107*.

Soares, X., (16.08.2022), “How Blocks Are Added to a Blockchain, Explained Simply”,CoinDeskhttps://www.coindesk.com/learn/how-blocks-are-added-to-a-blockchain-explained-simply/(Erişim Tarihi: 18.12.2022).

Corbet, S., Lucey, B. ve Yarovaya, L. (2021). “Bitcoin-Enerji Piyasaları Karşılıklı İlişkileri-Yeni Kanıt”.*Kaynak Politikası,70*, 101916.

Çakmak, M. (2019).*Kripto Paraların Gelişim Süreci, Blok Zincir Teknolojisi Ve Kripto Paraların Türkiye'de Vergilendirilmesi.*(Doctoral dissertation), İstanbul: Marmara Universitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çarkacıoğlu, A. (2016). Kripto Para Bitcoin. Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Dairesi http://www.spk.gov.tr/SiteApps/Yayin/YayinGoster/1130 (Erişim Tarihi: 02.10.2022)

Çil. N.(2018). *Finansal Ekonometri*. İstanbul: DER Yayınları.

Darlington, N. (18. 10. 2021),*Blockchain For Beginners: What Is Blockchain Technology? A Step-by-Step Guide*, blockgeeks, https://blockgeeks.com/guides/what-is-blockchain-technology/(Erişim Tarihi: 12. 10.2022).

De Vries, A., & Stoll, C. (2021). “Bitcoin's Growing E-Waste Problem”.*Resources, Conservation and Recycling,175*, 105-901.

Demirhan, H. (2019). *Sanal Kripto Paraların Satın Alma Gücü Bakımından Değerlendirilmesi: Bitcoin Örneği*. (Master's thesis), Nevşehir: Hacı Bektaşi Veli ÜniversitesiSosyal Bilimler Enstitüsü.

Deniz, E. A. (2020).*Finansal Piyasalarda Kripto Para Uygulamaları: Kripto Para Fiyatlarını Etkileyen Faktörler,*(Master's thesis), İstanbul: Işık Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Dickey, D.& Fuller, W.A.(1979). "Distribution of the Estimates for Autoregressive Time Series With a Unit Root". *Journal of the American Statistical Association*, 427-431.

Digiconomis,(2022). Bitcoin Energy Consumption Index. https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption(Erişim Tarihi: 22.10.2022).

Digital Currencies", Committee on Payment and Market Infrastructures (CPMI), (2015).https://www.bis.org/cpmi/publ/d137.pdf(Erişim Tarihi:05.12.2022).

Dilek, Ş. (2018). "Blockchain Teknolojisi ve Bitcoin".*Seta yayın, Analiz Şubat*, (231).

Dizkırıcı, A. S., & Gökgöz, A. (2018). "Kripto Para Birimleri ve Türkiye'de Bitcoin Muhasebesi".*Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies*,*4*(2), 92-105.

Doğan, K., & Arslantekin, S. (2016). "Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum".*Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*,56(1), 15-36.

Doğan, S. (2021).*Seçilmiş Kripto Para Fiyatları ile Dolar Endeksi Arasındaki Nedensellik İlişkisi.*Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Ellialtioğlu, N., Gürgül, M., & Çakmak, A. (2020). "MSCI Türkiye Endeksi Çerçevesinde Hisse Senetlerinin BIST Getiri Değişimine Etkisi".*Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi*,2(1), 42-54.

Erbaş, CN & Yıldırım, D. (2021). Bireysel Yatırımcıların Davranışsal Yanlılıkları ve Finansal Okuryazarlık İlişkisi: Samsun İli Örneği . Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 5 (2), 315-341. DOI: 10.33399/biibfad.901371

Eren, B. S., Erek, M. S., & Buyruk Akbaba, A. N. (2020). "Kripto Para Kavramı ve Muhasebeleştirilmesi".*Itobiad: Journal of the Human & Social Science Researches*,*9*(2).

Ergün,İ.(2022). "Türkiye'de Kripto Para Madenciliğine Uygulanabilecek Adli Ve İdari Yaptırımlara Dair Genel Bir Değerlendirme".*Güvenlik Bilimleri Dergisi*,*11*(1), 135-166.

Erözel Durbilmez, S. (2018).*Blockchain Teknolojisinin Finans Sektöründeki Yeri ve Uygulamaları.*(Master's thesis), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Evlimoğlu, U., & Gümüş, U. T. (2018). "İtibari Paranın Kullanımdan Kaldırılmasına Yönelik Teorik Bir Değerlendirme".*LAÜ Sosyal Bilimler Dergisi*,*9*(2), 167-183.

Fanning, K., & Centers, D. P. (2016). "Blockchain and its Coming Impact on Financial Services".*Journal of Corporate Accounting & Finance*,27(5), 53-57.

FATF(ty), Kara Paranın Aklanmasının Önlenmesine Yönelik Mali Eylem Görev Gücü, https://www.fatf-gafi.org/media/fatf/documents/reports/Virtual-currency-key-definitions-and-potential-aml-cft-risks.pdf, (Erişim Tarihi: 22.12.2022).

Felek, Ş., Karademir, C., & Ceylan, R. (2023). "Bitcoin ile Karbon Emisyonu İlişkisi: Doğrusal Olmayan Eşbütünleşme Analizi".*Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi,*8(1), 141-162.

Gallersdörfer, U., Klaaßen, L., & Stoll, C. (2020). "Energy Consumption of Cryptocurrencies Beyond Bitcoin".*Joule*,*4*(9), 1843-1846.

Garewal, K. S., & Garewal, K. S. (2020). Cryptocurrency Transaction Processing. *Practical Blockchains and Cryptocurrencies: Speed Up Your Application Development Process and Develop Distributed Applications with Confidence*, 113-136.

GeeksforGeeks, (ty). "How Block Hashes Work in Blockchain?" Blok Hash'leri Blockchain'de Nasıl Çalışır? - GeeksforGeeks(Erişim Tarihi: 06.08. 2021).

Golosova, J., & Romanovs, A. (2018). "The Advantages and Disadvantages of the Blockchain Technology". In*2018 IEEE 6th workshop on advances in information, electronic and electrical engineering (AIEEE)*(pp. 1-6). IEEE.)

Gökhan, Ü. N. A. L., & Uluyol, Ç. (2020). "Blok Zinciri Teknolojisi".*Bilişim Teknolojileri Dergisi*,*13*(2), 167-175.

Granger, C., & P.Newbold. (1977). *Forecasting Economik Time Series.* London: Academik Press.

Grinberg, R. (2011). "Bitcoin: An İnnovative Alternative Digital Currency".*Hastings Science & Technology Law Journal*,*4*, 160.

Gupta, M. (2017). Grasping Blockchain Fundamentals. *Blockchain for Dummies, IBM Limited Edition, Hoboken, NJ*.

Güleç, Ö. F. (2018). BİTCOİN İLE FİNANSAL GÖSTERGELER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *7*(2), 18-37.

Günay, H. F., & Kargı, V. (2018). "Kripto Paranın Vergilendirilmesinin Mali Yönden Değerlendirilmesi".*Journal of Life Economics,5*(3), 61-76.

Güven, V., & Şahinöz, E. (2018). *Blokzincir Kripto Paralar Bitcoin: Satoshi Dünyayı Değiştiriyor.*İstanbul: Kronik Kitap.

Hajipour, E., Khavari, F., Hajiaghapour-Moghimi, M., Hosseini, K. A., & Vakilian, M. (2022). "An Economic Evaluation Framework for Cryptocurrency Mining Operation in Microgrids".*International Journal of Electrical Power & Energy Systems,142*, 108-329.

Hameed, S., & Farooq, S. (2017). "The art of Crypto Currencies: A Comprehensive Analysis of Popular Crypto Currencies".*arXiv preprint arXiv:1711.11073*.

Harris, R., & Sollis, R. (2003). *Applied time series modelling and forecasting*. Wiley.

Hashemi Joo, M., Nishikawa, Y. ve Dandapani, K. (2020). "Blockchain Teknolojisinin Başarılı Bir Uygulaması Olan Kripto Para Birimi".*Yönetim Finansmanı*, 46(6), 715-733.

He,H. (26 Mayıs 2020). Building A Blockchain In .NET Core - P2P Network. https://www.c-sharpcorner.com/article/building-a-blockchain-in-net-core-p2p-network /(Erişim Tarihi: 20.01.2022).

Hepsi Burada, (27.05.2021). "Kripto Cüzdan Nedir?" https://www.hepsiburada.com/kesfet/kripto-cuzdani-nedir/#:~:text=Piyasada%3B%20mobil%2C%20donan%C4%B1m%20ve%20ka%C4%9F%C4%B1t,so%C4%9Fuk%20c%C3%BCzdan%20olarak%20da%20adland%C4%B1r%C4%B1lmaktad%C4%B1r (Erişim Tarihi: 23.11.2022).

Himanen, M. (2017). Lohkoketjujen hyödyntäminen. Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyöhttps://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/134051/Himanen_Mika.pdf?sequence=1

Holbrook, J. (2020).*Architecting Enterprise Blockchain Solutions*. John Wiley & Sons/ Indiana

Houben, R., & Snyers, A. (2018). Cryptocurrencies and Blockchain Legal Context and Implications for Financial Crime, Money Laundering and Tax Evasion. Study Requested by the TAX3 committee Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, Europan Parliament.

Hougan, M. and Lawant, D. (2021)Cryptoassets: The Guide to Bitcoin,Blockchain, and Cryptocurrency for Investment Professionals[online]. Availablefrom: https://www.goldhorn-crypto.com/files/cfa-institute-research-foundation-crypto.pdf

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-İncome Communities".*Energy Research & Social Science*,*84*, 102-394.

İda, A. L. P. (2017). (Derleyen), *Bitcoin Hakkında Güncel Herşey*.İstanbul: Bilim Gezegen Yayınları.

İncetaş, O., & Sağıroğlu, Ş. (2015). "Kuantum Kriptografide Gönderilen Foton Sayısının, Gürültüsüz Ortamda Elde Edilen Anahtar Uzunluklarına Etkisi".*Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*,*3*(1), 29-42.

Kahya, A., Krishnamachari, B., & Yun, S. (2021). "Reducing the Volatility of Cryptocurrencies--A Survey of Stablecoins".*arXiv preprint arXiv:2103.01340*.

Kamiya, G. (2019). Bitcoin energy use: mined the gap. paris: international energy agent. https://www.iea.org/commentaries/bitcoin-energy-use-mined-the-gap,(Erişim Tarihi: 06.08.2022).

Karaçalı, C. (2019).*Kripto Paraların Muhasebeleştirilmesi: Bir Uygulama.*(Master's thesis), Bartın: Bartın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Karadağ, B., & Arıkan, E. (2019) Banka Tahsis İşlemlerinde Kullanılan Limit Ve Teminat Bilgilerinin Blok Zinciri Altyapısı İle Paylaşılması. I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, Pamukkale, Denizli/Türkiye

Karaköse, I. S. (2017).*Elektronik Ödemelerde Blok Zinciri Sistematiği ve Uygulamaları*. (Yüksek Lisans Tezi), Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Karcıoğlu, R., Özcan, M., & Ağırman, E. (2017). "Petrol Fiyatları ve BIST Sektör Endeksleri İlişkisi". In*International Conference On Eurasian Economies*.

Kaur, M., & Gupta, B. (2021). Metaverse technology and the current market. *National Institute of Technology Kurukshetra*.

Kaur, S., Chaturvedi, S., Sharma, A., & Kar, J. (2021). "A Research Survey on Applications of Consensus Protocols in Blockchain".*Security and CommunicationNetworks,2021*.

Kaya, S. (2018), "Kripto Para Birimleri ve Fıkhi Açıdan Değerlendirilmesi", İslam Ekonomisi ve Finansı Uygulama ve Araştırma Merkezi, https://goo.gl/qDcbPw (Erişim tarihi 16.05.2022)

Kesebir, M & Günceler, B. (2019). "Kripto Para Birimlerinin Parlak Geleceği",*Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17, 605-625.

Keskin, O.E (2019). *Block Zincir (Blockchain) Teknolojisi: Mimarisi ve Uygulama Alanları.* (Master's thesis), İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Khan, A. G., Zahid, A. H., Hussain, M., Farooq, M., Riaz, U., & Alam, T. M. (2019). November). "A journey of WEB and Blockchain towards the Industry 4.0: An Overview". In*2019 International Conference on Innovative Computing (ICIC)*(pp. 1-7). IEEE.

Kızıl, C., Hanişoğlu, G. S., & Aslan, T. (2019). *Kripto Paraların Finansal Piyasalara Etkileri ve Muhasebeleştirilmesi*.Bursa: Ekin Yayınevi.

Kim, J. W. (2020). "Blockchain Technology and its Applications: Case Studies".*Journal of System and Management Sciences,10*(1), 83-93.

Kirkby, R. (2018). “Cryptocurrencies and Digital Fiat Currencies”.*Australian Economic Review*,*51*(4), 527-539.

Koca, G., & Eğilmez, Ö. (2021) *Dijital Dönüşüm ve İşletmecilik*.

Koçoğlu, Ş., Çevik, Y. E., & Tanrıöven, C. (2016). “Bitcoin Piyasalarının Etkinliği, Likiditesi ve Oynaklığı”.*İşletme Araştırmaları Dergisi*,*8*(2), 77-97.

Kripto Para Piyasası, 2022 https://coinmarketcap.com/coins/views/all/ (Erişim Tarihi: 22.07.2022).

Laçin, G. C. (2019).*Elektronik Para ve Dijital Para Sistemleri: Bitcoin ve Döviz Kurları Arasındaki İlişkinin Analizi.* Mersin: Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Lewandowski, S. M. (1998). “Frameworks for Component-based Client/server Computing”.*ACM Computing Surveys (CSUR)*,*30*(1), 3-27.

Lin, I. C., & Liao, T. C. (2017). “A survey of blockchain security issues and challenges”.*Int. J. Netw. Secur.*,*19*(5), 653-659.

Lin, I. C., Liao,T. C. (2017). “A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges”, IJ Network Security, 19(5), 653-659,

Mallick, S. K. (2020). “Causal Relationship Between Crypto Currencies: An Analytical Study Between Bitcoin and Binance Coin”.*Journal of Contemporary Issues in Business and Government| Vol*,*26*(2), 2172.

McCook, H. (2018). The cost & sustainability of Bitcoin. *Unpublished Working Paper*.

Mert, M., & Çağlar, A. E. (2019). *Eviews ve Gaus Uygulamalı Zaman Serileri Analizi.* Ankara: Detay Yayıncılık.

Mingxiao, D., Xiaofeng, M., Zhe, Z., Xiangwei, W., & Qijun, C. (2017, October). A Review on Consensus Algorithm of Blockchain. In*2017 IEEE international conference on systems, man, and cybernetics (SMC)*(pp. 2567-2572). IEEE.

Mizrach, B. (2022). “Stablecoins: Survivorship, Transactions Costs and Exchange Microstructure”.*arXiv preprint arXiv:2201.01392*.

Mohanta, B. K., Panda, S. S., & Jena, D. (2018, July). “An Overview of Smart Contract and use Cases in Blockchain Technology”. In*2018 9th international conference*

on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)(pp. 1-4). IEEE.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Bitcoin White Paper. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf (Erişim Tarihi: 10.03.2022).

Nebil, F. S. (2018). Bitcoin ve Kripto Paralar Sistemi Yıkan Bir Araç Olabilecek Mi?. Dünyada ve Türkiye'deki Gelişmeler (1. Baskı). İstanbul: Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık A.Ş.

Oğuzhan, T., & Kiani, F. (2018). "Blok zinciri teknolojisine yapılan saldırılar üzerine bir inceleme".*Bilişim Teknolojileri Dergisi*,*11*(4), 369-382.

Özcan, M. (2018). Enerji Fiyat Değişimleri İle Borsa Endeksleri Arasındaki İlişki: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama. Doktora tezi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Özdemir, G. (2021). "Kripto Paraların Eşya Niteliği".*Süleyman Demirel Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*,*11*(1), 289-306.

ÖZKUL, F., & Ece, B. A. Ş. (2020). "Dijital Çağın Teknolojisi Blokzincir ve Kripto Paralar: Ulusal Mevzuat ve Uluslararası Standartlar Çerçevesinde Mali Yönden Değerlendirme".*Muhasebe ve Denetime Bakış*,*20*(60), 57-74.

Özpınar, A. (2020). "Dinamik tüketici talep yönetimi yapabilen blokzincir/kripto para tabanlı elektrik piyasası işletme modeli".*Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Ejosat Ek Özel Sayı (HORA)), 63-69.

Öztürk, N., & Asuman, K. O. Ç. (2006). "Elektronik para, diğer para türleriyle karşilaştirilmasi ve olasi etkileri".*Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*,*6*(11), 207-243.

Padmavathi, U., & Rajagopalan, N. (2023). "Concept of blockchain technology and its emergence". In*Research Anthology on Convergence of Blockchain, Internet of Things, and Security*(pp. 21-36). IGI global.

Panda, S. K., Jena, A. K., Swain, S. K., & Satapathy, S. C. (Eds.). (2021).*Blockchain Technology: Applications and Challenges*. Springer International Publishing.

Panda, SK, Jena, AK, Swain, SK ve Satapathy, SC (Ed.).(2021).*Blockchain teknolojisi: uygulamalar ve zorluklar*.Cham, İsviçre: Springer Uluslararası Yayıncılık.

Pehlivan, İ. (2020).*Kripto Paraların Muhasebeleştirilmesi ve Raporlanması*(Master's thesis), Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Pesaran, M., & Y.Shin. (2001). "Bounds testing approaches to the analysis of level relationships". *Econometrica,* 289-326.

Pham, L., Karim, S., Naeem, MA ve Long, C. (2022). "Karbon fiyatları, yeşil ve yeşil olmayan kripto para birimleri arasında iki kuyruk hikayesi".*Uluslararası Finansal Analiz İncelemesi,82,* 102-139.

Pham, S. D., Nguyen, T. T. T., & Do, H. X. (2022). "Dynamic volatility connectedness between thermal coal futures and major cryptocurrencies: evidence from China".*Energy Economics,112,* 106114.

Phillips, K. hR., & Wang, J. (2016). "Seasonal Adjustmen of Hybrid Time Series: An Application to US Regional Jobs Data". *Journal of Economic and Social Measurement,* 191-202.

Phillips, P. B., & P.Perron. (1988). "Testing for unit Root in Time Series Regression". *Biometrika,* 335-346.

Pirinççi, A. E. (2018). "Yeni Dünya Düzeninde Sanal Para Bitcoin'in Değerlendirilmesi".*Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi,1*(1), 45-52.

Pisa, M., & Juden, M. (2017). "Blockchain and economic development: Hype vs. reality".*Center for Global Development Policy Paper,107,* 150.

Qin, R., Yuan, Y., & Wang, F. Y. (2018). "Research on the selection strategies of blockchain mining pools".*IEEE Transactions on Computational Social Systems,5*(3), 748-757.

Raval, S. (2016).*Decentralized applications: harnessing Bitcoin's blockchain technology*. " O'Reilly Media, Inc.".

Ren, B. ve Lucey, B. (2022). "Temiz ve kirli kripto para piyasaları farklı şekilde mi hareket ediyor?", *Finans Araştırma Mektupları,47,* 102795.

Rennock, M. J., Cohn, A., & Butcher, J. R. (2018). "Blockchain technology and regulatory investigations".*Practical Law Litigation,* 35-44.

Romero Ugarte, J. L. (2018). "Distributed ledger technology (DLT): introduction".*Banco de Espana Article,19,* 18.

Rubbaniy, G., Tee, K., Iren, P., & Abdennadher, S. (2021). "Investors' mood and herd investing: A quantile-on-quantile regression explanation from crypto market".*Finance Research Letters*, 102585.

Samancı, B. (2019).*Enerji ithalatının cari denge üzerine etkileri: OECD ülkeleri üzerine ampirik bir analiz*(Master's thesis), KaramanKaramanoğlu Mehmetbey ÜniversitesiSosyal Bilimler Enstitüsü.

Sarikaya, S. (2020).*Kripto Para Birimlerinin Gelişimi İle Türkiyede Vergilendirilmesi ve Muhasebeleştirilmesi*(Master's thesis), Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Sarmah, S. S. (2018). "Blockchain teknolojisini anlamak".*Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği,8*(2), 23-29.

Sedlmeir, J., Buhl, H. U., Fridgen, G., & Keller, R. (2020). "The energy consumption of blockchain technology: Beyond myth".*Business & Information Systems Engineering,62*(6), 599-608.

Sevütekin, M., & Çınar, M. (2017). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi*. Bursa: Dora Basın Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

Shaban, F. (2019). *İslam Hukukuna Göre Kripto Para Biriminin Para Olma Keyfiyeti: Bitcoin Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Temel İslam Bilimleri Anabilim Dalı İslam Hukuku Bilim Dalı.

Sheth, H., & Dattani, J. (2019). Overview of blockchain technology.*Asian Journal For Convergence In Technology (AJCT) ISSN-2350-1146*.

Singh, S., & Singh, N. (2016, December). "Blockchain: Future of financial and cyber security". In*2016 2nd international conference on contemporary computing and informatics (IC3I)*(pp. 463-467). IEEE.

Subaşi, S. (2019).*CO2 Emisyonları, Doğal Gaz, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi*: *Türkiyedeki Dinamik Değişkenlerin Analizi*(Master's thesis), Dicle ÜniversiteSosyal Bilimler Enstitüsü.

Syzdykova, A. (2023) Bitcoin Madenciliği ve Bitcoin'in Enerji Tüketimi. C.10, S. 19, Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, ss. (1-15)

Şahin, G., & Bulut, E. (2021). Paranın Evrim Sürecinde Kriptoparaların Geleceği. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *23*(2), 485-508.

Şahin, H. (2016). Paranın Doğası ve Türleri Üzerine Bir İnceleme. Liberal Düşünce Dergisi, 21 (84), 93-102.

Şahin, O. N. (2018). "TMS & TFRS işiğinda muhasebe, vergi ve denetim açısından Bitcoin ve diğer kripto para birimleri".*Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*,*20*(4), 898-923.

Şenbayram, E. A. (2019). "Paranın Geldiği Uç Nokta: Bitcoin".*Econharran*,*3*(4), 72-92.

Şıklar, İ. (2009).*Para Teorisi ve Politikasi*. Eskişehir: Anadolu Universitesi.

Taksim Danışmanlık "MSCI Sürdürülebilirlik Endeksi ve SRI Endeksleri" (https://www.taksimdanismanlik.com/msci-global-surdurulebilirlik-ve-sri-endeksleri/#:~:text=MSCI%20Global%20S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik%20Endeksleri%2C%20g%C3%BC%C3%A7l%C3%BC,nispeten%20d%C3%BC%C5%9F%C3%BCk%20izleme%20hatas%C4%B1na%20sahiptir). (Erişim Tarihi: 31.07.2022).

Tamer, E. M. R. E., İZGEÇ, M. M., & Sözen, A. (2020). Enerji yoksulluğu konusundaki literatüre genel bakış. *Politeknik Dergisi*, 1-1.

Tanrıverdi, M., Uysal, M., & Üstündağ, M. T. (2019). "Blokzinciri teknolojisi nedir? ne değildir?: alanyazın incelemesi".*Bilişim Teknolojileri Dergisi*,*12*(3), 203-217.

Tas, O., & Kiani, F. (2018). "A Survey of Attacks on Blockchain Technology".*International Journal of Informatics Technologies*,11(4), 369-382.

Temizer, Anadolu Ajansı,11.02.2021 https://www.aa.com.tr/en/energy/finance/bitcoin-consumption-beats-argentinas-annual-energy-use/31867(ErişimTarihi:11.12.2022).

Tevetoğlu, M. (2021). ETHEREUM ve AKILLI SÖZLEŞMELER. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *12*(1), 193-208.

Thanh, B. N., Hong, T. N. V., Pham, H., Cong, T. N., & Anh, T. P. T. (2022). "Are the stabilities of stablecoins connected?".*Journal of Industrial and Business Economics*, 1-11.

Tiwari, M., Gepp, A., & Kumar, K. (2020). "The future of raising finance-a new opportunity to commit fraud: a review of initial coin offering (ICOs) scams".*Crime, Law and Social Change*,*73*(4), 417-441.

Topcu, B. A., & Sarıgül, S. S. (2020). "Dünyada ve Türkiye'de Blok Zinciri Teknolojisi: Finans Sektörü, Dış Ticaret ve Vergisel Düzenlemeler Üzerine Genel Bir Değerlendirme".*Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27-39.

Treleaven, P., Brown, R. G., & Yang, D. (2017). "Blockchain technology in finance".*Computer*,*50*(9), 14-17.

Truby, J. (2018). "Decarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of blockchain technologies and digital currencies". *Energy Research Social Sciences*, 44, 399–410

Tunali, H., & Ulubaş, M. A. (2017). "Elektrik enerjisi tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: G7 ülkeleri üzerine bir uygulama (1970-2015)".*Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*,*20*(1), 1-13.

Turan, D., & Demircan, C. (2021). "Kripto Paralar İle Terör Ve Diğer İllegal Aktivitelerin Finansmanı".*Anadolu Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*,*3*(1), 161-176.

Tüfek, B. Ü. (2017). Elektronik Ödeme Araçları Ve Geleceğin Yaklaşımı Kripto Para. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Tuwiner, J. (01.01.2023), "Bitcıin Energy Comsumption Statistics"https://buybitcoinworldwide.com/bitcoin-mining-statistics/ (Erişim Tarihi: 04.10.2022).

T24, (11. 10. 2021), "*Bitcoin, birçok ülkeden daha fazla elektrik tüketiyor; bu nasıl mümkün?".* https://t24.com.tr/haber/bitcoin-bircok-ulkeden-daha-fazla-elektrik-tuketiyor-bu-nasil-mumkun,977991 (Erişim Tarihi: 08.10.2023).

Usta, A., & Doğantekin, S. (2017). Blockchain 101. MediaCat Kitapları, Kapital Medya Hizmetleri A.Ş., Isbn: 978-605-4584-97-0, İstanbul..

Usta, A. (2017). Paranın Serüveni Kripto Paraların Öncesi ve Sonrası. Bankalararası Kart Merkezi Yayınları, s. 8-23.

Uysal, Ü. (2019). *Kripto Para ve Kripto Paranın Ticarette Kullanımı: Girişimcilerin ve Yatırımcıların Kripto Paraya İlişkin Tutumlarının İncelenmesi*.((Master's thesis),Muğla: Sıtkı Koçman Üniversitesi, Lisansüstü Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Watanabe, H., Fujimura, S., Nakadaira, A., Miyazaki, Y., Akutsu, A., & Kishigami, J. (2016). "Blockchain contract: Securing a blockchain applied to smart contracts". In*2016 IEEE international conference on consumer electronics (ICCE)*(pp. 467-468). IEEE.

Wazid, M., Das, A. K., Shetty, S., & Jo, M. (2020). "A tutorial and future research for building a blockchain-based secure communication scheme for internet of intelligent things".*IEEE Access*,*8*, 88700-88716.

Whitaker, A. (2019). "Art and blockchain: A primer, history, and taxonomy of blockchain use cases in the arts".*Artivate*,*8*(2), 21-46.

Wijaya, D. A. (2016).*Mengenal Bitcoin dan Cryptocurrency*. IndonesiaPuspantara.

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2019). "Blockchain technology overview".*arXiv preprint arXiv:1906. 11078*.

Yamak, R., & Erdem, H. F. (2017). *Uygulamalı Zaman Serisi Analizi.* Trabzon: Celepler Yayın ve Dağıtım.

Yano, M., Dai, C., Masuda, K., & Kishimoto, Y. (2020).*Blockchain and Crypto Currency: Building a High Quality Marketplace for Crypt Data*(p. 141). Springer Nature.

Yardımcıoğlu, M., & Şerbetçi, G. (2018). "Bitcoin'in yapısı ve yasa dışı kullanımı".*Al Farabi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*,*2*(4), 165-190.

Yaşar, K. Ö. S. E., Murat, A. T. İ. K., & Yılmaz, B. Kripto Para, Para mıdır Döngüsünde Kabul Edilebilirlik Üzerine Ampirik Bir Uygulama.*Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,*12*(23), 155-172.

Yavuz, M. S. (2019). "Ekonomide Dijital Dönüşüm: Blockchaın Teknolojisi Ve Uygulama Alanları Üzerine Bir İnceleme".*Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*,*4*(1), 15-29.

Yerlikaya, T., Buluş, E., & Buluş, N. (2006). "Kripto algoritmalarinin gelişimi ve önemi".*Akademik Bilişim Konferansları*, 9-11.

Yıldırım, M. (2019). "Blok zincir teknolojisi, kripto paralar ve ülkelerin kripto paralara yaklaşımları".*Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,*10*(20), 265-277.

Yılmaz, M.K. & Kaplan, A. (2022). Kriptopara Madenciliğinin Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerine Etkileri. M. Bulut ve C. Korkut (Eds). Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir Hayat (s. 143-174). Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. DOI: 10.53478/TUBA.978-605-2249-97-0.ch06

Yılmaz, Y (2021). Blokzincir Teknolojisi ve Kripto Paraların Finansal Piyasalar Üzerine Muhtemel Etkileri. Turkish Business Journal, 2(4), 1-26. DOI: 10.51727/tbj.957037

Yılmaz, E. (30.05.2021). *"Bitcoin'de Karbon Ayak İzine Karşı Yenilenebilir Enerji Çözümü".*Yeşil Haber. https://yesilhaber.net/bitcoinde-karbon-ayak-izine-karsi-yenilenebilir-enerji-cozumu/ (Erişim Tarihi: 08. 04.2023).

Yusuf, K. E. Ş., & TURGUT, B. (2015). Kültür ve Sanatın Yansıması Para Tasarımı" Osmanlı Son Dönem Kaimeleri ve Cumhuriyet'in İlk Emisyonları". *Medeniyet Sanat Dergisi*, *1*(2), 31-47.

Yüksel, A. E. B. (2016). "Elektronik Para, Sanal Para, Bıtcoın Ve Lınden Doları'na Hukuki Bir Bakış=(Lookıng At Electronıc Money, Vırtual Money, Bıtcoın and Lınden Dollars From A Legal Perspectıve)".*Journal of Istanbul University Law Faculty,73*(2), 173-220.

Zhang, D., Chen, X. H., Lau, C. K. M., & Xu, B. (2023). "Implications of cryptocurrency energy usage on climate change".*Technological Forecasting and Social Change,187*, 122-219.

İnternet Siteleri

Bloomberg HT https://www.bloomberght.com/kripto(Erişim Tarihi: 11.02.2022).

Coinmarketcap.com, (2021). https://coinmarketcap.com/tr/tokens/ (Erişim Tarihi: 12.02.2022).

EPRS, 2014 https://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2014/140793/LDM_BRI(2014)140793_REV1_EN.pdf(Erişim Tarihi: 17.08.2022).

European Central Bank, 2012 https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemes201210en.pdf(Erişim Tarihi: 17.08.2022).

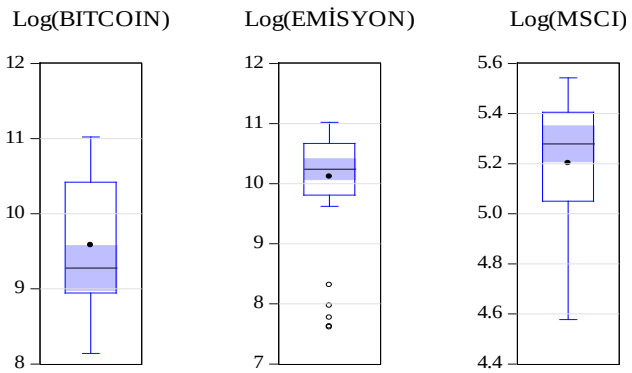
European Commıssıon, 2017 https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d4d7d30e-5a5a-11e7-954d 01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF(Erişim Tarihi:17.08.2022).

Finanswebde, 2022 https://finanswebde.com/bitcoin-hash-rate-nedir/b/5eb290431fed060039b2939c (Erişim Tarihi: 08. 02. 2022).

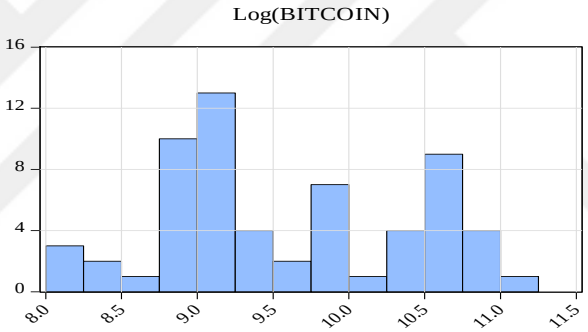
Kripto Para Piyasası, 2022 https://coinmarketcap.com/coins/views/all/(Erişim Tarihi: 22.07.2022).

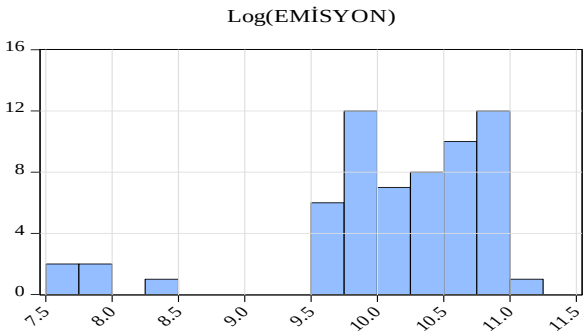
EKLER

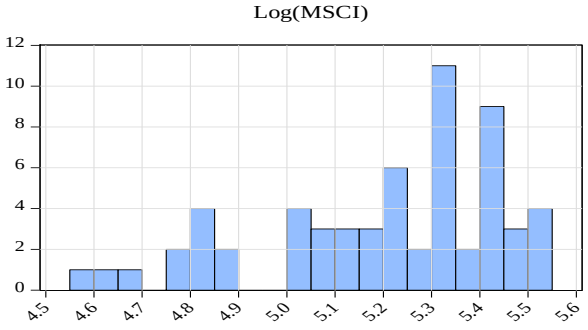
EK 1. Değişken Kutu Diyagramları



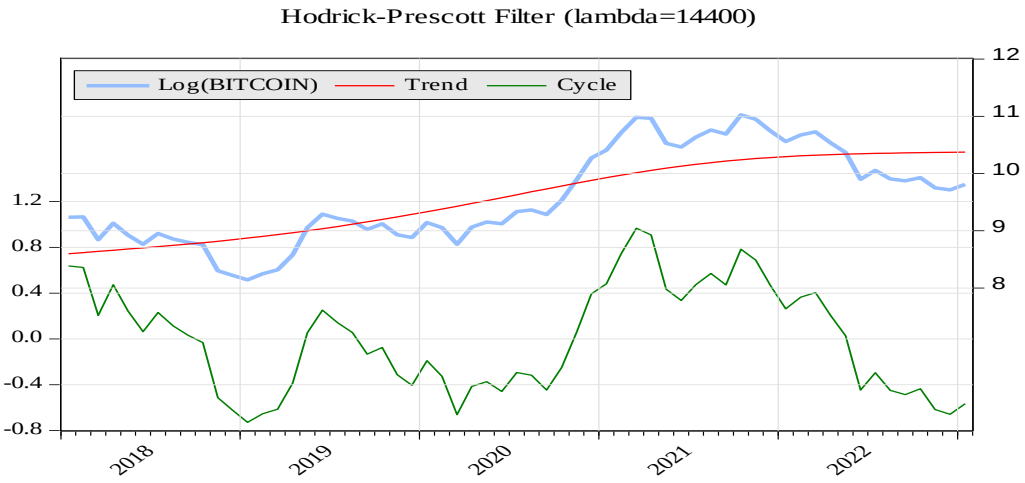
EK 2. Değişken Histogram Grafikleri



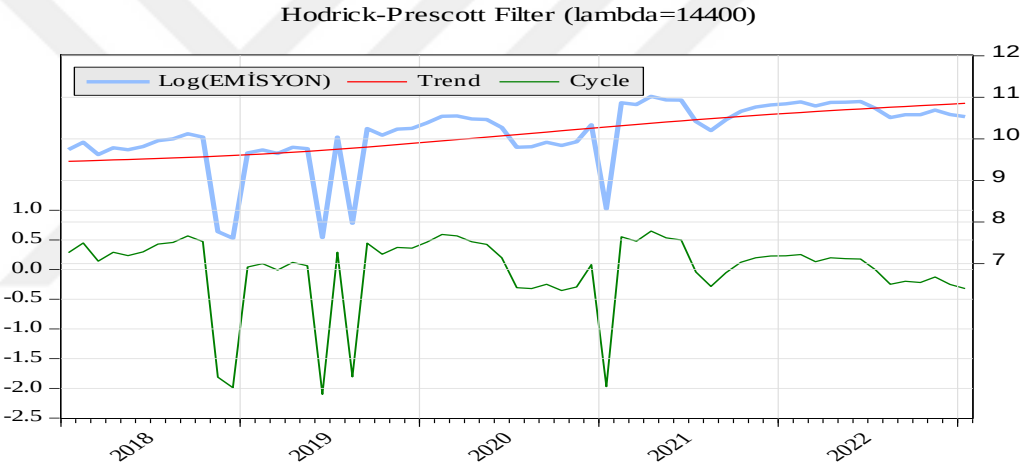




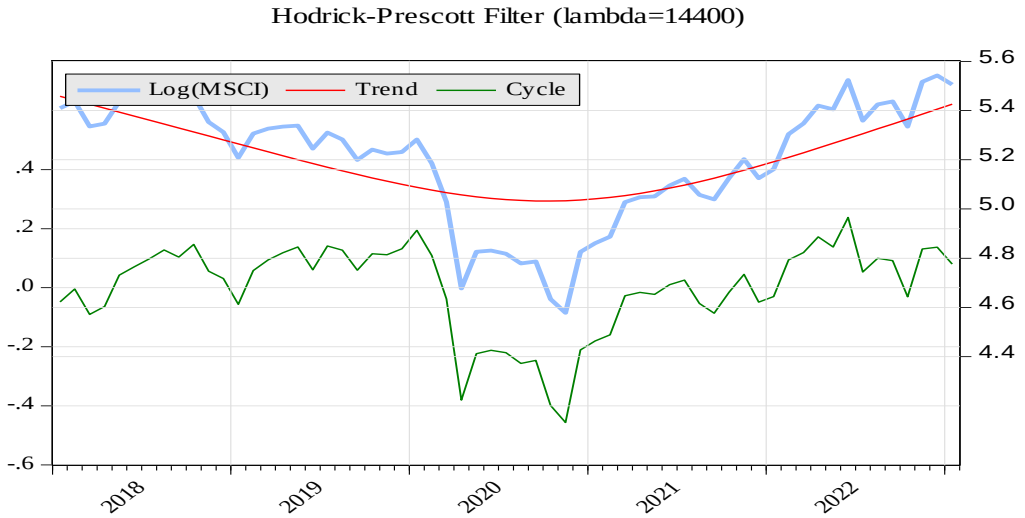
EK 3. BITCOIN Değişkeni Trend Ayrıştırması



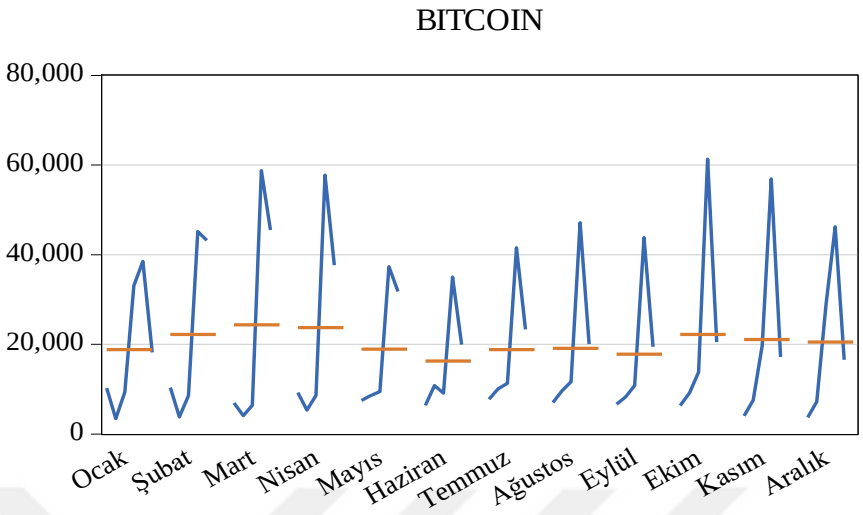
EK 4. EMISYON Değişkeni Trend Ayrıştırması

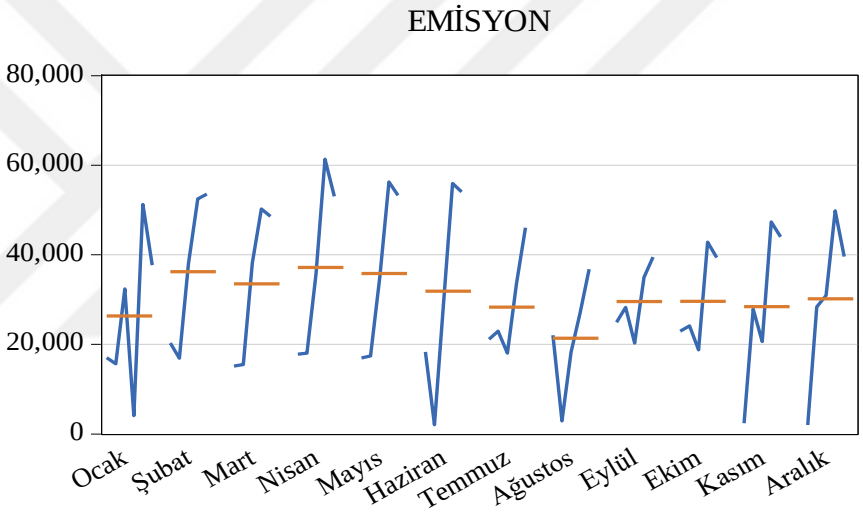


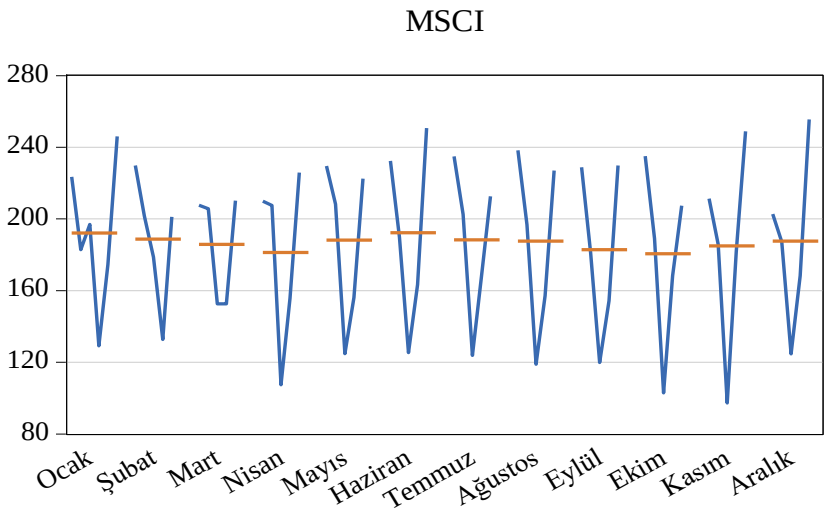
EK 5. MSCI Değişkeni Trend Ayrıştırması



EK 6. Değişken Mevsimsellik Grafikleri







EK 7. ARDL Model Denklem Seti

Otoregresif Model

$$Log(BITCOIN_t) = \beta_0 + \delta_1 Log(BITCOIN_{t-1)} + \lambda_1 Log(EMISYON_t) + \theta_1 Log(MSCI_t) + \theta_2 Log(MSCI_{t-1}) + \theta_3 Log(MSCI_{t-2}) + \gamma(TREND) + \varepsilon_t$$

Kısıtsız Hata Düzeltme Modeli

$$\Delta Log(BITCOIN_t) = \alpha + \theta_1 \Delta Log(MSCI_t) + \theta_2 \Delta Log(MSCI_{t-1}) + \omega ECM_{t-1} + \mu_t$$

Kısıtlı Hata Düzeltme Modeli

$$\Delta Log(BITCOIN_t) = \alpha + \delta_1 Log(BITCOIN_{t-1)} + \lambda_1 Log(EMISYON_t) + \theta_1 Log(MSCI_{t-1}) + \theta_2 \Delta Log(MSCI_t) + \theta_3 \Delta Log(MSCI_{t-1}) + \nu_t$$

EK 8. Korelogram Grafiği

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1	-0.033	-0.033	0.0665	0.796
		2	-0.134	-0.135	1.2046	0.548
		3	0.157	0.150	2.7827	0.426
		4	-0.135	-0.151	3.9808	0.409
		5	-0.100	-0.065	4.6434	0.461
		6	-0.043	-0.114	4.7671	0.574
		7	-0.049	-0.033	4.9301	0.668
		8	0.090	0.076	5.4971	0.703
		9	-0.009	-0.022	5.5028	0.788
		10	-0.049	-0.045	5.6763	0.842
		11	0.022	-0.037	5.7133	0.892
		12	0.069	0.079	6.0798	0.912
		13	-0.113	-0.104	7.0747	0.898
		14	-0.190	-0.194	9.9479	0.766
		15	-0.009	-0.084	9.9548	0.823
		16	-0.159	-0.209	12.082	0.738
		17	-0.134	-0.151	13.629	0.693
		18	0.227	0.127	18.139	0.447
		19	-0.006	-0.060	18.142	0.513
		20	-0.093	-0.152	18.937	0.526
		21	0.177	0.043	21.912	0.405
		22	0.070	0.098	22.394	0.437
		23	-0.144	-0.145	24.465	0.378
		24	0.023	-0.029	24.521	0.432

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Dilara GENÇ
Doğum Yeri ve Tarihi	
Eğitim Durumu	
Lisans Öğrenimi	
Y. Lisans Öğrenimi	
Bildiği Yabancı Diller	
Bilimsel Faaliyetleri	
İş Deneyimi	
Stajlar	
Projeler	
Çalıştığı Kurumlar	
İletişim	
E-Posta Adresi	
Tarih	