TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MALİYE ANA BİLİM DALI

VERGİLEMEDE BİR DÖNÜŞÜM: BLOCKCHAIN TEMELLİ VERGİLEME VE TÜRK VERGİ SİSTEMİNDE UYGULANABİLİRLİĞİ

EMRAH İNCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA / 2023

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MALİYE ANA BİLİM DALI

VERGİLEMEDE BİR DÖNÜŞÜM: BLOCKCHAIN TEMELLİ VERGİLEME VE TÜRK VERGİ SİSTEMİNDE UYGULANABİLİRLİĞİ

EMRAH İNCİ

Danışman: **Prof. Dr. Zuhal ERGEN**

Jüri Üyesi: **Prof. Dr. Neslihan COŞKUN KARADAĞ**

Jüri Üyesi: **Prof. Dr. Mustafa SAKAL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA / 2023

Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma, jürimiz tarafından MALİYE Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Zuhal ERGEN
(Danışman)

Üye: Prof. Dr. Neslihan COŞKUN KARADAĞ

Üye: Prof. Dr. Mustafa SAKAL

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylarım.
…/…/20…

Prof. Dr. Serap ÇABUK
Enstitü Müdürü

NOT: Bu tezde kullanılan ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ETİK BEYANI

Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. …. / …. / 2023

Emrah İNCİ

ÖZET

VERGİLEMEDE BİR DÖNÜŞÜM: BLOCKCHAIN TEMELLİ VERGİLEME VE TÜRK VERGİ SİSTEMİNDE UYGULANABİLİRLİĞİ

Emrah İNCİ

Yüksek Lisans Tezi, Maliye Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Zuhal ERGEN

Haziran 2023, 216 sayfa

Günümüzde, vergi alanında pek çok dijital dönüşüm çalışmaları yapılmaktadır. Bu dönüşümlerin büyük bir çoğunluğu, mükellefler ile ilgili verilerin elde edilmesi ve bu verilerin vergisel işlemlerde kullanılmak üzere bir veri tabanında izlenmesi şeklindedir. Merkezi bir veri tabanında mali verilerin kaydedilmesi, bu veri tabanını kötüniyetli kişilerin saldırılarına hedef haline getirmektedir. Blokzincir teknolojisi, bu tür verilerin dağıtılmış bir ağ yapısında merkeziyetsiz olarak saklanması fırsatı sunarak bu soruna önemli bir çözüm getirmiştir.

Blokzincir teknolojisi, işlemlerin kriptografik olarak şifrelendiği ve bloklar halinde bir ağ üzerinde kaydedildiği dağıtık bir defter teknolojisidir. Bu yönüyle veriler ağda yer alan ve düğüm olarak adlandırılan her bir bilgisayarda saklanabilmekte ve veri bütünlüğü ve değişmezliği garanti altına alınmaktadır. Verilerin zincirde yer alan bloklara işlenmesi ağdaki düğümlerin uzlaşısı ile gerçekleştirildiğinden merkezi bir otoriteye veyahut aracıya ihtiyaç duyulmamaktadır. Dolayısıyla bu teknolojinin getirdiği avantajlar, verilerin değişmezliği, şeffaflık ve izlenebilirlik, aracısızlaşma ve etkinlik olarak ortaya çıkmaktadır.

Çalışmamız bu teknolojinin tanımı, özelliklikleri, avantaj ve dezavantajları ve kullanım alanlarına değinilerek başlamaktadır. Blokzincir teknolojisinin vergisel işlemlere uygulandığı ülke örnekleri de çalışmamızda yer almaktadır. Devamında, bu teknolojinin Türkiye'de vergisel işlemlere uygulanabilirliği hususuna değinilmiştir. Bu kapsamda vergi kanunları açısından bu teknolojinin potansiyel uygulama alanlarına değinilmiştir. Ayrıca bu teknolojinin Gelir Vergisi, Kurumlar Vergisi, KDV, ÖTV ve Damga Vergisi gibi vergi türlerinde yaşanan sorunlara yönelik potansiyel çözüm önerilerine de değinilmiştir.

Blokzincir teknolojisinin vergi ile ilişkilendirildiği çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmaların çoğunlukla kripto paraların vergilendirilmesi üzerine yapıldığı görülmektedir. Oysa ki bu teknoloji kripto paraların da temelini oluşturan ve kapsamı oldukça geniş olan bir teknolojidir. Çalışmamızın özgünlüğü, bu teknolojinin Türk Vergi Sisteminde yer alan Vergi Usul Kanunu, Gelir Vergisi Kanunu, Kurumlar Vergisi Kanunu, KDV, ÖTV ve Damga Vergisi Kanunları açısından potansiyel kullanım alanları ve önerilerle detaylandırılmış olmasıdır. Bu kapsamda bu vergi türleri açısından görülen bazı sorunlara da çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Blok Zincir Teknolojisi, Vergi Usul Kanunu, Gelir Vergisi Kanunu, Kurumlar Vergisi, Katma Değer Vergisi, Özel Tüketim Vergisi, Damga Vergisi

ABSTRACT

A TRANSFORMATION IN TAXATION: BLOCKCHAIN BASED TAXATION AND ITS APPLICABILITY IN TURKISH TAX SYSTEM

Emrah İNCİ

Master Thesis, Department of Public Finance
Supervisor: Prof. Dr. Zuhal ERGEN
Jun 2023, 216 pages

Nowadays, many digital transformation studies are implemented in the field of taxation. The majority of these digital transformations are in the form of acquiring data of taxpayers and monitoring this data in a database to be used in tax transactions. Keeping financial data in a central database makes it a target for malicious attacks. Blockchain technology proposed a significant solution to this problem by offering to keep such data decentralized in a distributed network.

Blockchain is a distributed ledger in which transactions are cryptographically encrypted and stored in blocks over a network. In this regard, data can be stored on each computer in the network (node) and by this way data integrity and immutability are guaranteed. The processing of data into blocks in the chain is carried out by consensus of the nodes in the network that eliminates the need for a central authority or intermediary . As a result, the advantages proposed by this technology emerge as data immutability, transparency and traceability, mediation and efficiency.

Our study starts with the definition of Blockchain technology, its features, advantages and disadvantages and fields of usage. Examples of countries that apply Blockhain technology to the field of taxation are also included in our study. Afterwards, its applicability to tax transactions in Turkey is mentioned. In this context, the potential implementation areas of this technology with regards to tax laws are addressed. Additionally, potential solutions to the problems experienced in Income Tax, Corporate Tax, VAT, SCT and Stamp Tax are also mentioned.

When the acedemic studies about blockchain technology related with tax issues are examined, it is noticed that these studies are mostly conducted on the taxation of cryptocurrencies. However beyond being the basis of cryptocurrencies, the scope of this

technology is quite wide. The originality of this paper is that this technology is detailed with potential usage areas and suggestions in terms of Tax Procedure Law, Income Tax Law, Corporate Tax Law, VAT, SCT and Stamp Tax Laws in the Turkish Tax System. In this respect, we tried to propose solutions to the problems seen in terms of these tax types**.**

Keywords: Blockchain Technology, Tax Procedure Law, Income Tax, Corporate Tax, Value Added Tax, Special Consumption (Excise) Tax, Stamp Duty.

ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitim süreci boyunca yönlendirmeleri ve destekleri ile her zaman yanımda olan, akademik bilgi ve birikimlerini paylaşarak yol gösteren tez danışmanım ve değerli hocam Prof. Dr. Zuhal ERGEN'e ve bu vesile ile eğitim hayatı boyunca desteklerini hissettiğim Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Ana Bilim Dalı'nın tüm kıymetli hocalarına ve değerli jüri üyelerine teşekkür ederim.

Üzerimde emeği olan anne ve babama ve en önemlisi bu tezin yazım aşamasında göstermiş olduğu anlayışı ve hoş görüşü nedeniyle eşim Çisem Neval İNCİ'ye, çocuklarım Aren İNCİ ve Melinda İNCİ'ye teşekkür ederim.

EMRAH İNCİ

ADANA, 2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BÖLÜM I

GİRİŞ

BÖLÜM II

BLOKZİNCİR (BLOCKCHAIN) TEKNOLOJİSİ

BÖLÜM III

BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJLARI DEZAVANTAJLARI VE KULLANIM ALANLARI

BÖLÜM IV

BLOKZİNCİR (BLOCKCHAIN) TABANLI VERGİLEME

BÖLÜM V

SONUÇ

KISALTMALAR

AFM : Hollanda Sermaye Piyasası Kurulu

AFIP : Arjantin Gelir İdaresi

BCN : Blokzincir Ağı

BFS : Amerika Mali Hizmetler Bürosu (Bureau of Fiscal Services)

BTC : Bitcoin

CNIL : Fransa Ulusal Bilgi İşlem ve Özgürlükler Komisyonu

CoA : Confirmation of Arrival (Varış Onayı)

COMARB : Arjantin Tahkim Komisyonu

CPF : Brezilya Bireysel Vergi Kimlik Numarası

CPU : Merkezi İşlem Birimi

DAG : Direvted Acyclic Graphs

DAOs : Merkezi Olmayan Otonom Organizasyonlar

DDoS : Distributed Denial of Service

DH : Diffle-Hellman

DL : Distributed Ledger

DSA : Dijital Signature Algorithm (Dijital İmza Algoritması)

DIDs : Decentralized Identifiers (Merkeziyetsiz Kimlik)

DIGG : İsveç Dijital Hükümet Ajansı

ECC : Eliptik Eğri Algoritması

EGTB : Elektronik Ticaret Gümrük Beyannamesi

EMRs : Electronic Medical Records

ETH : Ethereum

EUU : Avrasya Ekonomik Birliği

EVM : Ethereum Virtual Machine

FSN : Rusya Gelir İdaresi

GBBC : Global Blockchain Business Council

GÇB : Gümrük Çıkış Beyannamesi

GİB : Gelir İdaresi Başkanlığı

GTİP : Türk Gümrük Tarife Cetveli

HMRC : İngiltere Gelir İdaresi

HTTPS : Güvenli Hiper Metin Aktarım İletişim Protokolü

ILP : Interledger Protocol (Ripple)

IPFS : Interplanetary File System
IRAS : Singapur Gelir İdaresi
IRS : Amerika Birleşik Devletleri Gelir İdaresi
ISEI : Electronic Invoices Information System (Elektronik Fatura Bilgi Sistemi)
KELA : Finlandiya Sosyal Güvenlik Kurumu
KCS : Kore Gümrük İdaresi
KDV : Katma Değer Vergisi
KDVİRA : KDV İadesi Risk Analiz Raporu
KVK : Kişisel Verilerin Korunması
KVKK : Kişisel Verilerin Korunması Kanunu
NTCA : Hollanda Gelir İdaresi Ajansı
NTS : Güney Kore Gelir İdaresi
OECD : Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
ÖTV : Özel Tüketim Vergisi
ÖTVBS : ÖTV'siz Yakıt Bilgi Sistemi
PtP : Peer to Peer
PoA : Proof of Activity
PoC : Proof of Capacity
PoB : Proof of Burn
PoI : Proof of Importance
PoW : Proof of Work
PoS : Proof of Stake
RSA : Rivest-Shamir-Adleman
RFB : Brezilya Gelir İdaresi
RFIT : Ticarette Uyuşmazlıkların Azaltılması Projesi (Reducing Friction in Trade)
RUT : Arjantin Tek Vergi Sicili
XML : Extensible Markup Language (Genişletilebilir İşaretleme Dili)
XSD : XML Şeması
XRP : Ripple Para Birimi
SPK : Sermaye Piyasası Kurulu
SSL : Secure Sockets Layer (Taşıma Katmanı Güvenliği)
STA : Çin Devlet Gelir İdaresi
SWIFT : Uluslararası Para Transfer Sistemi

TCMB **:** Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası

TÜİK **:** Türkiye İstatistik Kurumu

TSA **:** Amerika Kamu Sertifikasyon Merkezi

UBL-TR **:** Universal Business Language

UNL **:** Unique Node List

UCLA **:** Lorem ipsum dolor sit amet

VCs **:** Verifiable Credentials (Doğrulanabilir Kimlikler)

VEDOP **:** Vergi Daireleri Otomasyon Projesi

VEROSKATT: Finlandiya Vergi İdaresi

VUK/V.U.K.: Vergi Usul Kanunu

WHT **:** Witholding Tax (Stopaj Vergisi)

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1.Araştırmanın Problemi

Teknolojik gelişmelerin hâkim olduğu günümüzde, özellikle bilişim teknolojilerinin hızlı bir şekilde dönüşüm sürecine girmesiyle birlikte bankacılık-finans, ticaret, hukuk gibi birçok alanda gözle görülük değişimler yaşanmaktadır. Zaman sıralı, şifrelenmiş bir dağıtık bir veri tabanı özelliği olan ve oluşturulan işlemlerin değiştirilemez şekilde saklandığı ve bloklar halinde birbirlerine eklendiği bir sistem olarak tanımlanabilecek Blockchain (Blok Zincir) teknolojisinin bahsedilen sektörlerin yanında başta muhasebe ve denetim hizmetlerinde kullanılabilirliği ortaya çıkmış olup, bunun daha ileri aşamasında vergi alanına da entegre edilebileceği tartışılmaktadır.

Vergisel işlem ve sistemlerin çoğalması ve karmaşık bir hale gelmesi ile birlikte, bu işlem ve sistemlerin teknolojiye olan ihtiyaç ve bağımlılığı daha da artmaktadır. Artan mükellef sayıları ile paralel olarak Türk vergi sisteminde vergi tabanı başta olmak üzere vergisel indirim, muafiyet ve istisnaların sayısı ve yapısı da çeşitlenmiş ve vergisel işlemlere yönelik daha geniş bir teknoloji alt yapısının kurulması ihtiyaç haline gelmiştir. Bu ihtiyacın karşılanmasına yönelik de özellikle 1990'ların ortasından itibaren ilk olarak pilot proje olarak denenen ve bu projenin başarılı olması neticesinde ortaya çıkan VEDOP I projesi **(Uğur ve Çütçü, 2009, s. 11)** vergisel işlem ve sistemlerin dijital dönüşümü yolunda önemli bir adım olmuştur. 1990'lı yıllardan itibaren yaşanan teknolojik dönüşüm, mükellef bilgilerinden başlayarak vergisel iş ve işlemlerin belirli bir veri tabanında depolanarak izlenmesi ve denetlenmesi şeklinde süre gelmiştir. Mükellef sayısı ve vergisel muameleler arttıkça, bu merkezi bir depolama alanı olarak tanımlanabilecek söz konusu veri tabanı, iş ve işlem çeşitliliğine göre gün geçtikçe genişlemektedir.

Merkezi bir depolama alanından ziyade dağıtılmış bir ağ yapısı sayesinde verilerin zincirler üzerinden birbirine bağlı ve dağınık bir şekilde tutulması, bu verilere müdahale edilmesini oldukça zorlaştırmaktadır. Bu kapsamda, işlemlerin gerçekliliği üzerinde daha kesin kanaatte bulunabilme imkânı doğmakta ve dağınık ağ yapısının genişliğine göre güvenilirlik seviyesi merkezi bir veri tabanına göre daha da artmaktadır. Bahsedilen bu

dağınık ağ yapısı blok zincir (blockchain) vasıtasıyla oluşturulabilecek bir ağ yapısını ifade etmektedir.

Bu teknolojinin daha tanınır hale gelmesi ve gelişmesiyle birlikte, vergisel işlemlerin ortaya çıkarılması, takibi ve kayıtlarının tutulmasının işlemin her iki tarafınca oluşturulan zincir ile birbirine bağlanarak daha sağlam ve güvenilir bir yapıya kavuşturulma imkânına sahip olacağı tahmin edilmektedir.

Türk vergi sistemi içinde yer alan vergi türleri itibarıyla genel olarak yapılan eleştirilerden biri de dolaysız vergilerde vergiye gönüllü uyumun düşük olması, vergiden kaçınma hususunda bu vergi türlerinde mükelleflerinin daha rahat hareket imkânı bulması gibi hususlar nedeniyle vergi erozyonunun yoğun yaşanması ve vergi tabanının daha dar tutulmasıdır. Verginin kaynağı olabilecek gelirlerin kolay olarak kavranamaması nedeniyle devletin ÖTV, KDV gibi dolaylı vergilere daha çok önem verdiği ve vergi gelirlerinin büyük bir çoğunluğunun bu tür vergilerden oluştuğu görülmektedir.

Araştırmada, vergi sistemlerinin en önemli problemlerinden biri olan vergi kayıp ve kaçaklarının önüne geçilebilmesi, vergi tabanının genişletilmesi hususunda akıllı sözleşmeler üzerinden blockchain teknolojisi yardımı ile Gelir Vergisi, Kurumlar Vergisi gibi dolaysız vergiler ile birlikte özellikle KDV ve ÖTV gibi dolaylı vergilerin tarh, tahakkuk ve tahsil işlemlerinin daha hızlı ve güvenilir bir şekilde yürütülmesi üzerinde durulacaktır. Bu kapsamda blockchain teknolojisi yardımı ile bu problemlerin gerekçeleri ve her bir vergi türü itibarıyla nasıl çözümlenebileceğine ilişkin öneriler üzerinde durularak blockchain tabanlı vergilemenin Türk vergi sistemi içinde uygulanabilirliği tartışılacaktır.

1.2.Araştırmanın Amacı

Bir önceki bölümde değinilen ve merkezi bir veri tabanı üzerinde şekillenen vergisel işlemlerin teknolojik dönüşümünün tüm dünyada yavaş yavaş merkezi olmayan ve dağınık ağ yapısına sahip bir blok zincir ağına dönüşümü tartışılmaktadır. Bu hususta özellikle 2008 yılında hayatımıza giren Bitcoin uygulamasının temel çıkış noktası olan blok zincir teknolojisi sadece vergisel boyutta denenmemekte, elektronik ticaret, bankacılık, sağlık ve emlak sektörü gibi birçok sektörde uygulama alanı bulmaya çalışmaktadır.

Bu çalışmanın genel amacı blockchain esaslı teknolojik dönüşümün vergi tabanına olası etkileri üzerinden vergisel kayıp ve kaçakları nasıl önleyebileceğinin tartışılması ve Türk Vergi sisteminde uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır.

Tez çalışmasının alt amaçları ise şöyledir:

● Blockchain teknolojisinin tanımının yapılması, mevcut uygulama alanlarının araştırılması ve genel olarak vergisel işlemlere uygulanabilirliğinin araştırılması,

● Söz konusu teknolojinin yurt dışında vergilendirme alanında nasıl kullanıldığının veya kullanılabileceğinin araştırılması,

● Vergi türleri itibarıyla söz konusu teknolojiden nasıl faydalanılabileceğinin araştırılması,

● Blockchain teknolojisi ile gerçekleştirilebilecek vergisel dönüşümlerin ilgili vergi mevzuatlarına nasıl entegre edilebileceğinin araştırılması,

● Söz konusu teknolojinin muhasebe ve defter kayıt işlemleri üzerinde olası etkileri ile vergi denetiminde uygulama alanının araştırılması,

● Söz konusu teknoloji tabanlı vergileme ile iade uygulamalarında Hazine zararına yol açabilecek mevcut uygulamaların değerlendirilerek çözüm önerileri getirilmesi,

● Vergisel işlemler ve bunlarla ilgili diğer işlemler (gümrük işlemleri gibi) üzerinden söz konusu teknolojinin avantaj ve dezavantajlarının değerlendirilmesi

1.3.Araştırmanın Önemi

Literatürde, blockchain esaslı uygulamalar (kripto para gibi) üzerinden elde edilen belli kazançların nasıl vergilendirilmesi gerektiği üzerinde çalışmalar mevcut olmakla birlikte, daha geniş bir perspektif gözetilerek blok zincir tabanlı bir vergi sisteminin vergi kayıp ve kaçağı, Hazine zararına sebep olan vergisel uygulamalar, Transfer fiyatlandırması, vergi tahakkuk-tahsilat problemleri gibi sorunları nasıl hafifletebileceği ve ne tür fırsatlar sunabileceği konusunda çalışma oldukça sınırlıdır.

Blok zincir teknolojilerinin vergi alanındaki uygulamaları belli başlı bazı ülkelerde başlamıştır. Bunlara ilişkin uygulamalar,

- Brezilya Federal Vergi Dairesi'nin bireysel vergi kimlik (CPF) bilgilerini içeren verileri federal hükümet, eyalet ve yerel yönetim şeklindeki üç yönetim seviyesindeki vergi idareleri ve düzenleyici idareler arasında paylaşımına yönelik ***"bCPF"*** uygulaması ve aynı amaçlarla tüzel kişilere yönelik ***"bCPNJ"*** yetkilendirilmiş kurumların katılım gösterebileceği blok zincir tabanlı programlar,

- Brezilya Federal Vergi Dairesi için geliştirilen ve 2020 Ekim ayından itibaren Arjantin, Paraguay ve Uruguay Gümrüklerini birleştirmek için kullanılan blok zincir network uygulaması ***"BConnect"***,

- Arjantin'in gelir vergisi mükelleflerinin vergi mükellefiyetlerinin şekilsel gereksinimlerini ve beyanname bilgilerini basitleştiren blok zincir tabanlı ***"RUT"*** uygulaması,

- Finlandiya'da vergi otoritelerin bankalarla birlikte üzerinde çalışmaya başladığı gayrimenkul işlemleri üzerindeki vergilerin takibini sağlayacak blok zincir sistemi,

- İsveç'te faturaların, dar mükelleflerin vergilendirilmesi ve gümrük işlerinin dijitalleştirilmesi için blok zinzir denemeleri,

-Vergi İdarelerinin KDV kaçakçılığı ile mücadelede kullanabileceği blok zincir tabanlı muhasebe sistemi üzerinde çalışmakta olan Hollanda merkezli Summitto girişimi,**(Collosa, 2021)** gibi uygulamalardır. Bu gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelere ilaveten, blok zincir kullanımının çeşitli evrelerinde bulunan ekonomiler arasında Estonya, Gürcistan, Malta, Tunus, Filistin, Kenya, Venezuela, Papua Yeni Gine, Gana, Bermuda, Kamboçya gibi az gelişmiş ülkeler de bulunmaktadır **(OECD, 2020).** Dolayısıyla, dağınık ağ yapısına sahip Blok zincir teknolojisi, finansal araçlar (hisse senetleri, bonolar ve tahviller), türev araçları (future, opsiyonlar, swap ve forward işlemleri), kamu ile ilgili işlemler (tapu, arsa kayıtları, noter işlemleri, mahkeme ve adli tıp kayıtları), sağlık işlemleri (sağlık kayıtları, doğum ve ölüm belgeleri), lisanslar (patent ve telif hakları), dış ticaret işlemleri (lojistik ve gümrük işlemleri) gibi kullanım alanları **(TOPCU ve SARIGÜL, 2020, 30–31)** yanında vergi alanında da gelişim gösteren bir teknoloji durumundadır.

Bununla birlikte, mükellefler ile ilgili tüm vergisel işlemlerin dağınık ağ yapısından ziyade tek bir merkezi veri tabanında toplanması bu verilerin korunması açısından da bir risk teşkil etmektedir. Türkiye'de sadece 2020 yılında, internet kullanıcıları ve sistemlerine yönelik zararlı yazılımlarda ve oltalama amacıyla kullanılan 36.242 zararlı bağlantı tespit edilmiş, kurum, kuruluş ve işletmelere yaklaşık 10.199 siber güvenlik bildiriminde bulunulmuştur **(Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2020, s. 84).**

Çalışmamızda, hızla gelişen Blockchain teknolojisi ile birlikte, bu teknolojinin sistem güvenliğine ilişkin olası etkileri ve bu teknoloji tabanlı bir vergilendirme sisteminin vergisel sorunların çözümünde muhtemel etkilerinin değerlendirilmesi, Blockchain temelli vergilendirmenin Türk vergi sisteminde uygulanabilirliğinin ve örneğin özellikli olarak Blockchain temelli bir KDV mevzuatının olabilirliğinin araştırılması çabalanarak vergi mevzuatımızın söz konusu teknolojik gelişmeye uyum sağlamasına yönelik literatürde fazla rastlanmayan öneriler sunulacaktır.

1.4.Araştırmanın Sınırlılıkları

Blok zincir teknolojisi esasen 1992 yılında ortaya atılmış bir teori olmakla birlikte, geçerliliğini 2008 yılından itibaren kanıtlamış bir teknolojidir. İlk olarak sanal paraların merkeziyetsiz transferi şeklinde tasarıma dönüştürülmüş bu teknolojinin daha farklı alanlarda da kullanılabileceğinin ortaya çıkışı, özellikle Etherium ağının yaratılması ve bu ağ üzerinden akıllı sözleşmelerin yazılımsal olarak tanımlanması neticesinde 2015 yılından beri tartışıla gelen bir konu olmuştur.

Henüz çok yeni sayılabilecek bu teknolojik dönüşümün kamusal işlem ve hizmetlerde kullanılabileceğine yönelik birçok araştırma bulunmasına rağmen, buna yönelik somut önerilerin getirildiği çok az çalışma mevcuttur. İlaveten konunun özü esas itibarıyla bilişim teknolojileri ve özellikle yazılım konusuna girdiği için mevcut araştırmalar bu alana yönelik teknik detaylardan ziyade olabilir/olamaz tarzında yazımlardan oluşmaktadır. Bu sebeple araştırmamızda, Blokchain teknolojisini vergi sistemine entegre etmiş bir ülke uygulaması bulunmamıştır.

Bununla birlikte, vergi mevzuatının çok geniş ve karışık bir yapıda bulunması, vergisel sorunların çeşitliliği de bu teknolojinin alt yapısını geliştirecek fikirler bakımından da bazı zorluklara sebep olmaktadır. Örneğin, blok zincir tabanlı oluşacak akıllı sözleşmelerin hukuki geçerliliği, maddi ispat gücü, bu sözleşmelerin vergi yargısı karşısındaki durumuna yönelik çok yeni tartışmalar konunun derinliğini artırmaktadır.

İlaveten, söz konusu teknolojinin bilgisayar ve bilişim sistemleri ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Bu minvalde özellikle blok zincir uygulamalarında ve akıllı sözleşmelerin yazımında geçerli olan bilgisayar programlama ve yazılım dillerinin öğrenilmesinin önem arz ettiği ve bu kapsamda hukuki bilginin yanında teknik bilginin de konu ile ilgili kullanılmasının bir mecburiyet olduğu görülmektedir. Vergi hukuku alanında faaliyet gösteren paydaşların hukuki ve mali bilgilerinin yanında yazılım ve bilgisayar programcılığı gibi teknik konularda da gelişiminin sağlanması bu teknolojinin daha faydalı ve etkin kullanımına yol açacaktır.

Söz konusu kısıtlamalar mevcut olmakla birlikte, bu teknolojik dönüşümün yadsınamaz gerçeği, hızlı bir gelişim göstermekte olduğu ve önünde sonunda vergi alanına da sirayet edeceğidir. Bu sebeple bahsedilen kısıtlamalar da göz önünde tutularak çalışmamız bu teknolojinin Türk Vergi Sistemine nasıl entegre edilebileceği ve vergisel kayıp ve kaçakları nasıl önleyebileceğinin üzerinde yoğunlaşacaktır.

BÖLÜM II

BLOKZİNCİR (BLOCKCHAIN TEKNOLOJİSİ)

2.1. Blok zincir (Blockchain) Teknolojisinin Alt Yapısı

Literatürde Blok zincir kavramının tanımı yapılmakla beraber iletişim tarihinin gelişimi göz ardı edilerek doğrudan bu kavramı tanımlamak, kavramın anlaşılmasında bazı eksiklere sebep olmaktadır. Bu minvalde blok zincir kavramına değinmeden önce, iletişim tarihinde blok zincir dönemine gelene kadar yaşanan dönüşümü kısaca açıklayarak daha sonra kavramsal çerçeveyi oturtmak daha sağlıklı olacaktır.

Bilgiyi edinmek, edinilen bilgiyi paylaşmak ve kayıt altına alarak saklamak geçmişten günümüze kadar dijital teknolojilerin gelişmesinde en temel saiklerden olmuştur. Dil kavramının gelişmesinden sonra bilginin paylaşımı ve kaydedilmesine yönelik neolitik simgeler, işaretler ve hesap taşları yolu ile başlayan insanlık iletişim tarihi, chirografik (el yazması kültür) ile devam etmiş, Guthenberg devrimi de denilen matbaanın icadıyla birlikte tipografik kültür dönemi olarak da adlandırılan basılı yayım dönemi ile gelişimini sürdürmüştür. Elektrik devrimi ile birlikte 1840'larda telgrafın icadı, 1876'da telefonun icadı, kitlesel iletişim devriminin önünü açarak radyo ve televizyonlar vasıtasıyla iletişim yöntemini görüntülü teknoloji alanına taşımıştır. Analitik makine, tabülatör ve hesap makinesi şeklinde evirilen teknoloji bilgisayarın icadı ile taçlandırılmış ve internetin bulunuşu ile iletişim tarihi enformasyon devrimi ve bilgi toplumunun doğuşuna sahne olmuştur. Teknolojik dijitalleşme ile beraber internetin daha yaygın kullanımı, özellikle enformasyon teknolojilerinin gelişme göstermesiyle birlikte ağ toplumu denilen ağlarla örülü sosyal bir organizasyon türünü ortaya çıkarmıştır **(Tandaçgüneş, y.y.).**

Bilgisayarın icadı sonrasında her bir bilgisayarın (düğüm) diğer bilgisayarlarla iletişim kurabilmesine yönelik ağ çalışmaları da hız kazanmıştır. Literatürde ilk ağ çalışması olarak söz edilen ve internetin atası olarak tanımlanan ARPANET sisteminin geliştirilmesi de bu çalışmaların en önemli öncüsü olmuştur. 1960'ların sonu itibarıyla ARPANET, telekomünikasyon ve programlamanın birleştiği ilk veri ağlarından bir olmuştur. ARPANET'in düğümleri (ağa bağlı her bir bilgisayar) veri (packet) gönderimi için AT&T'nin (Amerikan Telefon Şebekesi) uzun mesafeli telefon ağı şebekesine ihtiyaç duyuyordu **(McKelvey ve Driscoll, 2019, 31–32).**

Soğuk savaş döneminde düşman bombalaması veya yıkımına mahal vermeyecek ve herhangi bir **merkezi veya üstü bulunmayan** bilgisayar iletişim sisteminin kurulması araştırılıyordu. ARPANET'in öncelikli amacı, Pentagon'un finanse ettiği araştırma enstitülerini (UCLA, SRI gibi enstitüler) telefon hattı vasıtasıyla bağlamak olmuştur **(Featherly, 2021).** Tüm bu ARPANET çalışmalarının amacı merkezi olmayan iletişim sistemlerinin kurulmasına yönelik münferit çabalara yoğunlaşmıştır. ARPANET sisteminin dönüşümünde TCP/IP protokolünün geliştirilmesi önemli bir dönüşüme yol açmıştır. TCP/IP protokolü ile birlikte bilgi küçük parçalara bölünerek dijitalleşmiştir. Bu iletişim şekli ne tahsis edilmiş ağlara ne de yoğun bir altyapıya ihtiyaç duymamaktadır. TCP/IP, merkezi bir otoriteye ihtiyaç olmayan açık ve ortak bir genel ağ yaratmıştır **(Richard T. Ainsworth ve Viitasaari, 2017, 6–7).**

ARPANET'in oluşumundan sonra ikinci periyod olan NSFNET'nin kurulumu, internet aktivitelerini ve talebinde patlamaya sebep olmuş ve yeni network ve servis sağlayıcılarını teşvik etmiştir **(Guice, 1998, s. 205).** Nihayetinde 1990 yılının Aralık ayında CERN'de yaratılan World Wide Web (www) programı ile birbirinden ayrık bu network ve servis sağlayıcı platformları arasındaki uyumsuzluğun üstesinden gelinmiştir **(Starr, 1997, s. 8).**

Bilgi paylaşımı ve iletişime yönelik ortak bir ağ yaratma çalışmaları neticesinde, günümüzde World Wide Web (www) programı ve http (Hypertext) protokolü ile artık internet en büyük bilgi paylaşım ve iletişim ağı haline gelmiştir. Blok zincir teknolojisi de, internet üzerinden kendine has bir ağ yapısı yaratarak bilgisayarlar (düğüm/nodes) arası iletişim, veri transferi, değer transferi ve saklama gibi çeşitli fonksiyonları bir araya getiren güvenlik esaslı bir network olarak bu gelişim sürecinde yerini almaktadır.

2.2. Blok zincir (Blockchain) Teknolojisinin Tanımı

Blok zincir teknolojisi, bir verinin, işlemin veya değerin kriptografi vasıtasıyla şifrelenerek bir blok haline getirilip belirli bir ağ (network) üzerinden ve herhangi bir merkezi otoriteye ihtiyaç duymadan, bu ağ üzerindeki bir düğümden diğer düğüme iletilmesini ve saklanmasını sağlayan bir teknolojidir. Esasen blok zincir, birbirine güvenmek için herhangi bir nedeni bulunmayan tarafların güvenini temin eden bir ağ yaratabilmesine yönelik olarak zaten hâlihazırda mevcut olan teknolojilerin bir araya getirilmesidir **(OECD, 2020, s. 1).**

Blok zincir, dağıtık, şeffaf, değiştirilemez ve güvenli veri yapıları sağlayan teknolojiler bütünüdür. Üzerindeki işlem bilgileri; değiştirilemez kayıtlar olarak ağdaki paydaşlar tarafından doğrulanır, kaydedilir ve paylaşılır **(T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, y.y.)**. Blok zincir teknolojisi ile paylaşılmak istenen veri veya yapılmak istenen işlemler birbiri ile ilintili olarak oluşturulan ve bir önceki blokun bilgileri ile bütünleştirilen bloklar sayesinde geçmişe dönük müdahalelerin önüne geçerken, ağdaki katılımcılar arasındaki işlemlerin gerçekliğine yönelik geliştirilen uzlaşı mekanizması ile de merkezi bir aracı kurum ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Bu sayede oluşturulan ağda kaydedilen bilgiler geçmişe yönelik değiştirilemez bir yapıya güvenli bir niteliğe kavuşmaktadır.

Bu yönüyle Blok zincir teknolojisi dağınık bir işlemsel veri tabanını tanımlamaktadır. Veriler eşten eşe (PtP-peer to peer) veri tabanındaki katılımcılar arasında tekrarlanmakta ve bloklardan oluşan zincirler şeklinde kaydedilmektedir **(Fatz, Hake ve Fettke, 2019, s. 560).** Blok zincir teknolojisi, kullanıcılara merkezi güvenilir bir taraf olmaksızın işlemlerin deftere (ledger) kaydedilmesine izin vermektedir. Bu defterler katılımcıların kayıtları paylaştığı eşten eşe dağınık bir ağda saklanmaktadır (**Cho, Lee, Cheong, No ve Vasarhelyi, 2021, s. 291)**. Bu minvalde blok zincir teknolojisi, eşten eşe veya eşler arası ağ (peer to peer network) olarak tanımlanabilecek merkeziyetsiz bir ağ üzerinde, kriptolojik verilerin birbiri ile ilişkilendirilmiş bloklar halinde zaman sırasına göre transfer edilip saklanabildiği, işlemlerin izlenebildiği bir dağınık defter (DL-distrubuted ledger) olarak tanımlanabilmektedir. Kayıtlar bütününün yer aldığı ve bu kayıtlar bütünü üzerindeki işlemlere yönelik geriye dönük müdahalelerin tespit edilebildiği güvenilir bir ağ yapısını esas alan bir teknolojidir.

Bu teknolojik sistemde işlemler için oluşturulan veri emirleri çeşitli algoritmalar ile doğrulanmakta ve şifrelenmektedir. Bu algoritmalar sayesinde taraflar veri tabanına herhangi bir müdahalede bulunamamakta ve emirler üzerinde değişiklik yapamamaktadır. Her bir veri emri bölümler halinde zincir gibi birbirine eklenerek farklı blok veri zincirleri oluşturulmakta ve dijital veri tabanında silinemez halde saklanmaktadır. Bu kapsamda blok zincir teknolojisi sürekli genişleyen ve veri emirlerinden oluşan blok zincirleri, kripto şifreleri ve dijital kimlikleri bünyesinde barındıran dijital bir defter olarak tanımlanabilir **(Ölçer, 2019, 286–287).**

Veri güvenliği açısından tüm verilerin tek bir veri merkezi veyahut birkaç veri merkezinde saklanmasının yaratabileceği güvenlik açıklarından ziyade blok zincir teknolojisi ile veri ve işlemlerin ağdaki her bir düğümde saklanarak takip edilebilmesi

önem arz etmektedir. *Bu kapsamda blok zincir sürekli büyüyen ve blok olarak tanımlanan işlemlerin tutulduğu uçtan uca ve dağınık bir veri tabanıdır. Bu bloklar kriptografi ve zaman damgası ile güven altına alınmakta ve veri tabanındaki kullanıcılar tarafından mutabakat algoritmaları ile onaylanmaktadır. Her bir işlemin bir önceki işleme sıralı olarak eklendiği blok zincirde, mutabakat sağlanmayan işlemler veri tabanına eklenememektedir. İşlemler değiştirilemez ve silinemez olduğundan sağlam bir denetim mekanizmasına da sebebiyet vermektedir* **(Vasquez, 2021, s. 52).**

Blok zincir sürekli büyüyen bir blok listesi olduğundan ve her bir blok bir önceki blokun kriptografik hash değerini ve zaman damgası ile işlem kayıtlarını içerdiğinden, tasarım olarak işlem kayıtlarında değişiklik yapmaya dirençli ve şeffaf bir şekilde doğrulanabilir bir yapıdadır. Tipik olarak blok zincir, iletişim ve blok oluşturmaya yönelik onaylama protokollerine toplu olarak bağlı kalan eşler arası bir ağ tarafından yönetilmektedir **(Jiang ve Tsay, 2019, s. 5).** Dolayısıyla tipik haliyle eşler arası düğümler vasıtasıyla yürütülen sistem, üçüncü bir tarafın noter vazifesi görerek işlemleri onaylama ihtiyacını ve dolayısıyla aracıları ortadan kaldırmaktadır. İşlemlerin gerçekliği doğrulama algoritmaları vasıtasıyla sistem içindeki düğümler olarak tanımlanan her bir katılımcı aracılığı ile onaylanmaktadır.

2.3. Blok zincir (Blockchain) Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi

Blok zincir teknolojisi, tam anlamıyla işlevselliğini Satoshi Nakamoto tarafından geliştirilen Bitcoin uygulaması ile ispatlasa da, bu kavramının daha eski tarihlere dayandığı görülmektedir. Gerçek kimliği tam olarak tespit edilemeyen Nakamoto'nun 2008 yılında yayımladığı "Bitcoin: A Peer to Peer Electronic Cash System" adlı makalesinde üçüncü bir taraf ihtiyacı olmayan, kamuya açık olan işlemlerin eşler arası ağ vasıtasıyla ve iş kanıtı esasına dayanarak tarihsel olarak kayıt altına alındığı bir elektronik alım-satım sisteminin önerisi yapılmıştır **(Nakamoto, 2008, s. 8).** İşlemlerin tarihsel önceliğinin sağlanması, her bir zaman damgasının bir önceki zaman damgasının hash değerini içermesi ve bu şekilde **bir zincir oluşturması** ve her bir ilave zaman damgasının bir öncekini bu şekilde sağlamlaştırması ile vücut bulmaktadır **(Nakamoto, 2008, s. 2)**.

Yalın haliyle anlatılan bu blok zincir oluşturma önerisi ilk defa Nakamoto tarafından ortaya atılmamıştır. **Kriptografik hash fonksiyonları** ile değiştirilemez şekilde bilgi blokları oluşturma fikri, Ralph Merkle'in Merkle Ağacı (Merkle Hash Tree) olarak bilinen bir ağaç yapısında **bilginin nasıl birbirine bağlanabileceğini** açıkladığı 1979 yılındaki

tezinde ortaya çıkmıştır. İlgili tezde bir lineer zincir, ağacın özel bir durumu olmakla birlikte ağacın bilgi zinciri oluşturmada lineer zincirden daha etkin bir yol sunduğu ifade edilmiştir **(Sherman, Javani, Zhang ve Golaszewski, 2019, s. 2).**

David Lee Chaum'un Kaliforniya Üniversite'sinde sunduğu 1982 yılındaki doktora tezinde (Computer Systems Established, Maintained and Trusted by Mutually Suspicious Groups) günümüz blok zincir terminolojisine oldukça benzer bir sistemin önerisinin getirildiği görülmektedir. İlgili tezde, karşılıklı şüpheci gruplar tarafından kurulan, sürdürülen ve güvenilen bir bilgisayar sisteminin dizaynı ve uygulanabilirliği tartışılmıştır. Kriptografik tekniklerin güvenilirlik ve emniyet ihtiyacını azaltarak bu sistemleri faydalı hale getireceği ifade edilmiş ve bunu gerçekleştirecek mekanizmaya da **depo** (vault) tanımı yapılmıştır. Depo adı verilen mekanizmaların ise tüm veya ilgili katılımcılar tarafından doğrulanacak şekilde oluşturulacağı ve sonrasında tıpkı küçük bir çelik kasa benzeri bir kutuda fiziksel olarak güvence altına alınacağı mekanizmalar olduğu açıklanmıştır **(Chaum, 1982, s. 3).** Chaum'un sisteminde her bir depo yürüttüğü her bir işlemi imzalar, kayıt altına alır ve yayımlar. Bu yönüyle sistem, **grup üyelerinin uyumu** ve fiziksel güvenlik kanalıyla bireysel mahremiyeti koruyan **özel hesaplamalar** yoluyla bir **umumi kayıt tutma sistemi** olarak tanımlanmaktadır. Sistemin yarattığı bloklar fiziksel olarak güvenli depoları içermekte ve kriptografik bir öncül olarak (blok zincir teknolojileri içinde) yerini almaktadır **(Sherman ve diğerleri, 2019, 3–4).**

1991 yılında "Bir Dijital Doküman Nasıl Zaman Damgalanır?" başlıklı makalede ise Haber ve Stornetta, bir dijital dokümanın içeriğinin hash koduna çevrilerek zaman damgası ile sertifikasyonu sırasında bir önceki sertifikanın hash kodu ile ilişkilendirecek bir algoritma ortaya koymuştur. Böylelikle bir dijital doküman için zaman damgası talep edilmesi durumunda, **zaman damgası zinciri** (chain of time stamps) içinde bir önceki müşteriden geriye doğru teyit işlemi imkânına ilgili makalede değinilmiştir. **(Haber ve Stornetta, 1991, 103–104)** Söz konusu öneri, hash kodlu kriptografik bir verinin bir önceki veriye bağlanarak zincir halini aldığı ve günümüz blok zincir teknolojisinin temelini oluşturan bir öneri olduğundan, makalede yer alan mantık bir blok zincir mantığını içermektedir ve daha sonraki yıllarda birkaç belgenin bir bloğa toplanmasına izin veren çalışmaların öncüsü olmuştur **(Demirhan, 2019, s. 860).**

Blok zincir mantığına özgü çalışmalar 1990'lar itibarıyla istenmeyen e-postaların önlenmesine yönelik önerilerle şekillenmiştir. İlgili dönemde E-posta sağlayıcıları çok fazla spam posta alma sorunu ile karşılaşıyordu ve her bir e-postanın analiz edilerek spam olarak değerlendirilmesi çok fazla kaynak israfına sebep oluyordu. Araştırmacılar, en az

masrafla e-postaları kontrol edip spam olarak nitelendirecek yollar üzerinde çalışıyordu **(Akcora, Gel ve Kantarcioglu, 2017, 2–3).** 1992 yılında Cynthia Dwork ve Moni Naor tarafından spam e-postaları önlemek üzere yapılan çalışmada e-posta göndericilerinin e-posta göndermeden önce fiyatlandırma fonksiyonu (pricing function) kullanarak e-posta servisine erişmesine yönelik orta derece zorlukta bir fonksiyon hesaplayarak bir maliyet ve zaman unsuru yaratılması yolu ile günümüzdeki iş kanıtına (proof of work) benzer algoritmanın temeli atılmıştır **(Dinçel, 2020, s. 26).**

Aynı soruna yönelik bir başka çalışma ise temeli 1997 yılında atılan ve 2002 yılında Adam Back tarafından yayımlanan makalede (Hashcash- A denial of Service Counter Measure) detaylandırılan **Haschash algoritmasına** yönelik çalışmadır. Bu çalışmada, *Hashcash CPU maliyet fonksiyonunun* (Hashcash CPU Cost Function) iş kanıtı olarak kullanılabilecek bir token hesaplaması yapabileceğine ve bu token ile müşterilerin servis sunucusu (server) üzerinde geliştirilen protokole katılım sağlayabileceğine değinilmiştir. Değerlendirme fonksiyonu (evaluation function) algoritması ile sunucu (server) ilgili tokenın değerini kontrol edecek ve oluşturulan protokol sadece belli değeri karşılayan tokenları işleme koyacaktır. Algoritma fonksiyonları ise, bir token yaratmak için kullanıcıların ortalama bir harcamada bulunacağı ve iş miktarı (amount of work) olarak tanımlanan değerle parametrelendirilecektir **(Back, 2002, s. 1).** Nakamoto'nun 2008 yılında yayımladığı makalede referans aldığı hususlardan biri olan iş kanıtı (proof of work-PoW) algoritması Back 'in 2002 yılında yayımladığı bu makalesinden hareketle geliştirilmiştir.

1994 yılında ise ilk defa Nick Szabo tarafından "Smart Contracts" adlı makalede kullanılan **akıllı sözleşmeler** teriminin arkasındaki temel mantık, bilgisayarların yazılım ve donanımlarına entegre edilmiş sözleşmeler ile yükümlülüklerin ve karşı yükümlülüklerin performansının bilgisayar programları üzerinden yürütülmesidir **(Karamanlıoğlu, 2018, s. 31).** Szabo'nun 1994 yılındaki makalesinde akıllı sözleşmeler, sözleşme şartlarını işleten bilgisayarlaştırılmış işlem protokolleri olarak tanımlanmış, genel amaçları ise (ödeme koşulları, ipotek, güvenilirlik ve hatta yaptırım gibi) sözleşme ortak koşullarının sağlanması, kasti ve kazai olasılıkların ve güvenilir bir aracı ihtiyacının minimize edilmesi olarak açıklanmıştır **(Szabo, 1994, s. 1).**

Szabo, 1998 yılında kaleme aldığı ve 2008 yılında yayımladığı bir blog yazısında ise (***Bit Gold***), güvenilir bir **üçüncü taraf ihtiyacı olmayan** bir para sistemi olan Bit Gold fikrini öne sürmüştür. İlgili yazıda fiat paranın enflasyon ve hiper enflasyon karşısında, değerli madenlerin ise ortaya çıkarılışındaki maliyeti ve nadir olmaları nedeniyle

dezavantajları olduğunu öne süren Szabo, güvenilir üçüncü bir tarafa minimum ihtiyacı olan, güvenli olarak kayıt altına alınan ve transfer edilen ve bir protokol tarafından online olarak yaratılabilecek Bit Gold ismini verdiği bir öneriden bahsetmektedir **(Szabo, 2008).**

Üçüncü bir tarafa ihtiyaç duymayan bir para sistemine ilişkin bir başka öneri ise B-Money protokolüdür. Wei Dai tarafından 1998 yılında geliştirilen bu protokolde, takma adların kullanılması suretiyle tespit edilmesine imkân bulunmayan kişilerin oluşturduğu bir toplulukla, her bir mesajın her göndericiye ait umumi anahtarlar (public key) ile şifrelenerek imzalandığı ve alıcısına gönderildiği takip edilemez bir ağ üzerinde sayısal bir problemin çözümüne yönelik sarf edilen hesaplama çabası (computational effort) esas alınarak para yaratılması amaçlanmıştır **(W. Dai, 1998).**

Görüleceği üzere, blok zincirin tarihsel gelişimi, kriptografiden faydalanmak suretiyle Merkel Ağaçları yolu ile bilginin birbirine bağlanması, depolanması (Chaum's vault), zaman damgası uygulaması, istenmeyen e-postalara ilişkin uygulamalar ile birlikte Hashcash protokolünün geliştirdiği iş kanıtı (PoW-proof of work) algoritmaları merhalelerinden geçtikten sonra 1998 yılından itibaren sanal paralara doğru evirilmeye başlamış ve nihayetinde Bitcoin protokolü ile günümüzdeki işleyişine kavuşmuştur. 1994 yılında Szabo'nun ortaya attığı akıllı kontratlar fikri ise, özellikle 2013 yılında yaratıcısı Vitalik Buterin'in yayımladığı tanıtım yazısı (White paper) ile ortaya çıkan Ethereum Protokolü sayesinde, blok zincir ağlarına daha etkin olarak entegre edilme ve kullanılma imkânına kavuşmuştur. Günümüzde, akıllı kontratlar üzerinden yürütülen blok zincir ağları popülerliğini ve uygulama alanlarını hızlı bir şekilde artırmaktadır.

2.4. Blok zincir (Blockchain) Teknolojisinin Mimarisi

2.4.1. Kriptografi

Blok zincir, kriptografik tekniklere ve veriyi yakalama ve güven atında tutmak için yeni mutabakat metotlarına dayanan, özgün tipte bilgisayarlaştırılmış bir kayıt defteri olarak tanımlanabilmektedir **(Casey, Crane, Gensler, Johnson ve Narula, 2018, s. 1).** Bu yönüyle blok zincir, kriptografik olarak şifrelenmiş verileri veya işlemleri kayıt altına alan ve dağınık bir ağ yapısında saklayan bir teknolojidir.

Kriptografi, blok zincir teknolojisinde önemli yapı taşlarından biridir. Yalın tabiri ile bilginin şifrelenmesi ve bu yolla bilgi güvenliğinin temin edilmesi olarak tanımlanabilecek kriptografi bilimi, MÖ 2000'li yıllara Mısır yazıtlarında Menet Khufu

hiyeroglif şifrelerinden başlayarak, Scytale tekniği (MÖ 457), Sezar Şifrelemesi (MÖ 60-50), Albert Diski (1466-1467), Vigenere Sistemi (1586), İkinci Dünya Savaşı zamanlarında Almanların kullandığı Enigma Cihazı gibi süreçlerde çeşitli algoritmalar üretmiş ve bu yolla bilgi güvenliği sağlanmaya çalışılmıştır (**Çeşmeci, 2009)**. Bilgisayarın icadı ve dijital teknolojinin gelişimi ile günümüzde kriptografik algoritma ve protokoller de gelişim göstererek çeşitlenmiştir. Bu bölüm çerçevesinde, tüm kritprografik algoritmalardan ziyade, araştırmamızın özünü teşkil eden Blok zincir teknolojisinde esas alınan kriptografik algoritma üzerinde durulacaktır.

Blok zincir teknolojisinde kriptografi, paylaşılacak verinin oluşturulması aşamasında ve oluşturulan bu verinin transferi aşamasında olmak üzere iki türlü kullanım alanına sahiptir. Kriptografik algoritmalar ile bir veri uzunluğu ne olursa olsun sabit bir uzunluğa getirilerek şifrelenmektedir. Şifrelenecek bu veri uzunluğu tek bir kelimeden de oluşsa veyahut bir kitap büyüklüğüne de ulaşsa matematiksel işlemler sayesinde ve seçilen kriptografik algoritmanın türüne göre sabit bir uzunlukta şifrelenmekte ve bir özet (hash) oluşturulmaktadır. Bu işleme de kriptografik hash fonksiyonu (cryptographic hash function) denilmektedir.

2.4.1.1. Hash Fonksiyonu Özellikleri

Bir Hash fonksiyonu *H*, gelişigüzel bir uzunluktaki veriyi sabit uzunluktaki bir çıktıya işleyen bir fonksiyondur. Kriptografik Hash fonksiyonlarının aşağıda değinilen bazı tamamlayıcı özellikleri vardır:

a) Çakışmazlık Direnci (Collision Resistance) : H(a)=H(b) olasılığını veren iki farklı a ve b girdisini bulmak oldukça zor olmalıdır.

b) Öngörüntü Direnci (Preimage Resistance): Elde edilmiş bir Hash çıktısı (y) üzerinden Hash fonksiyonuna veri teşkil eden değeri [H(a)=y olasılığını] bulmak oldukça zor olmalıdır. Dolayısıyla, Hash fonksiyonu girdiden (a) çıktıya (y) doğru yönelen, özet değer olan çıktının girdiye dönüştürülemediği "tersine yürümez" bir fonksiyon olmalıdır.

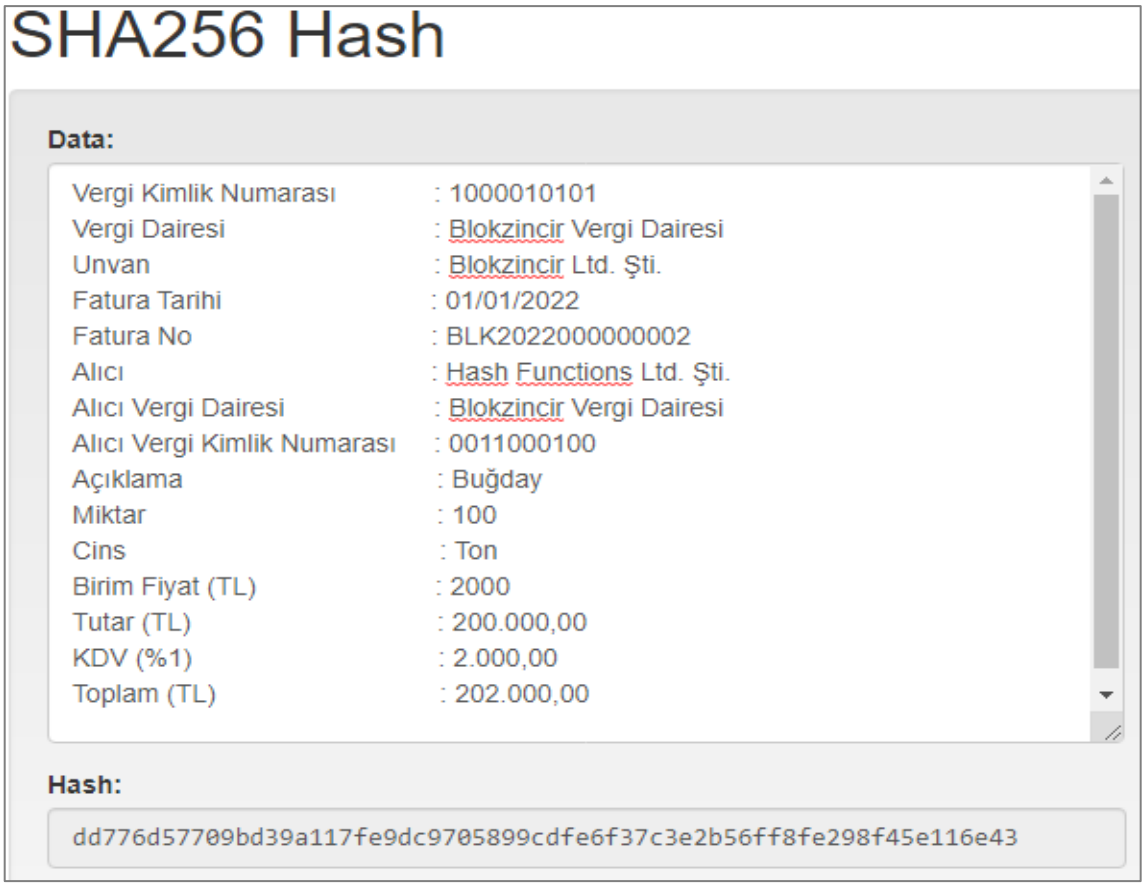
c) İkincil Öngörüntü Direnci (Second Preimage Resistance): Bir Hash çıktısı (y) değerini sağlayan a girdisi mevcutken, bir başka girdi (b) aynı çıktıyı vermemelidir. Dolayısıyla y=H(a) iken, y=H(b) olasılığını bulmak oldukça zor olmalıdır **(Raikwar, Gligoroski ve Kralevska, 2019, s. 148552).**

Bu özelliklere ek olarak Hash fonksiyonları veri girişleri neticesinde özet hash değerlerini üretmede hızlı olmalı, aynı veri her zaman aynı özet değerini vermeli ve etkinlik açısından da bilgisayar enerji sarfiyatı ve CPU (merkezi işlem birimi) duyarlılığı yönünden verimli sonuçlar vermelidir.

Şifreleme algoritmaları neticesinde farklı uzunluktaki verileri belirli bir uzunluktaki bit dizisi haline dönüştüren özet fonksiyonları (hash functions) sayesinde, blok güvenliği ve doğruluğu sağlanmaktadır. Bu fonksiyonlardan en bilinenleri SHA256, SHA384 ve SHA512 özet fonksiyonlarıdır **(Özaltın ve Ersoy, 2020, s. 750).** Bununla birlikte, Keccak-256, RIPEMD-160, Scrypt, X11 gibi algoritmalar da blok zincirlerde kullanılan en popüler ve güvenli özet fonksiyonları arasındadır **(Kardaş, 2019, s. 482).** Günümüzde birçok sektördeki güvenlik işlemlerinde kullanılan MD5 algoritması ise yaygın bir kullanım ağına sahip olsa da bu algoritmada güvenlik açığı tespit edilmiştir. Bu sebeple SHA algoritmaları günümüzde güvenlik olarak geçerliliği devam eden bir algoritma hale gelmiştir ve hatta en popüler Blok zincir uygulaması olan Bitcoin uygulamasında da SHA256 algoritması kullanılmaktadır.

Kriptografik algoritmalar yoluyla oluşturulan özet fonksiyonlarında her bir veri girişi neticesinde biricik özetleme değerine ulaşılmalıdır. Verideki en küçük değişiklik ve hatta kelimeler arasındaki boşluk sayısının artırılması dahi farklı bir özet değerini vermelidir. Eğer farklı veriler neticesinde aynı özet değeri elde ediliyorsa *"çarpışma"* olarak adlandırılan ve yukarıda değinilen bu durum algoritmayı güvensiz hale getirmektedir. Bu durum, farklı veri uzunluklarında 128 bit çıktı uzunluğu ile özet değeri üreten MD5 algoritmasında ve 160 bit çıktı uzunluğu ile özet değeri üreten SHA1 algoritmasında tespit edilmiştir. Ancak şu ana kadar farklı veri uzunluğunda 256 bit çıktı uzunluğu üreten SHA256 algoritmasında böyle bir güvenlik açığına rastlanmamıştır.

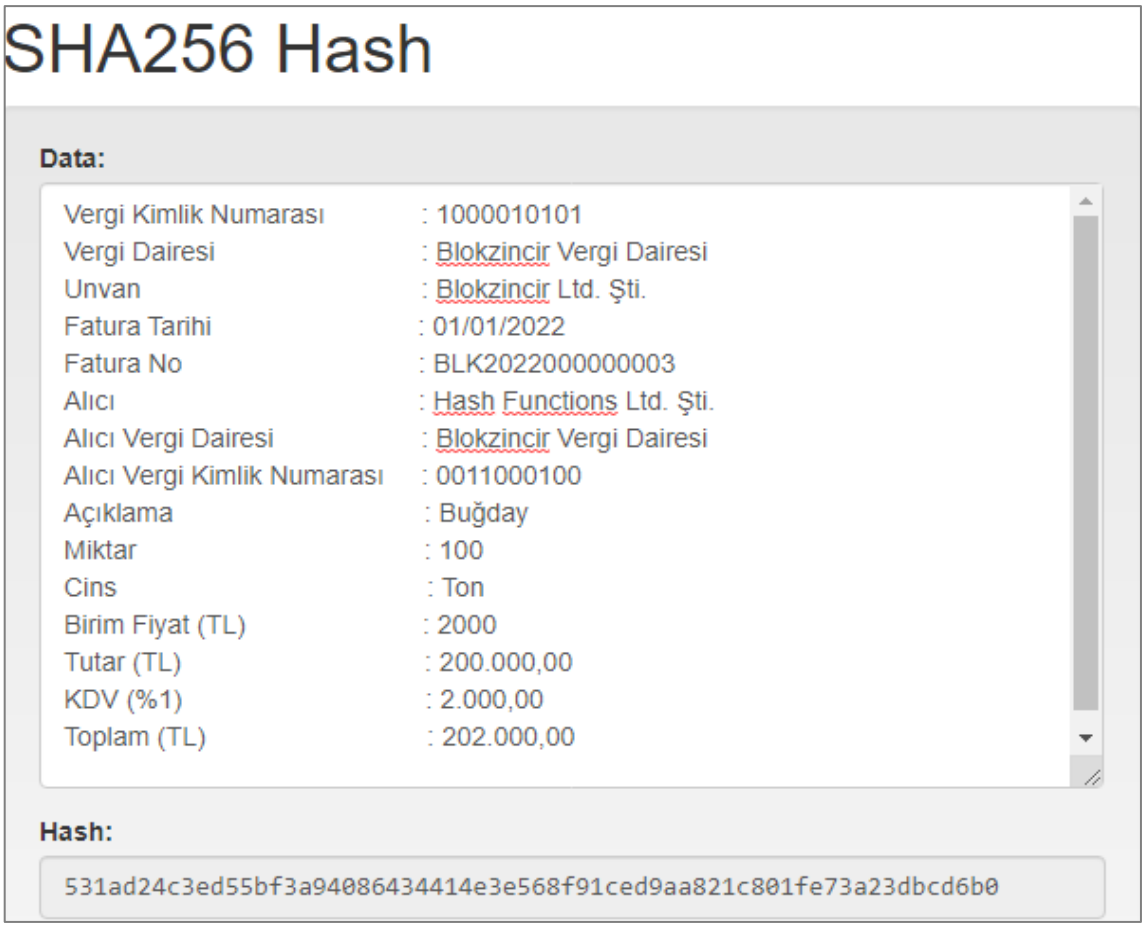
İstenilen herhangi büyüklükte bir verinin 256 bit'lik bir uzunlukta şifrelenmesine bir açıklama getirmek gerekirse, örneğin vergisel işlemlerde kullanılan bir fatura örneğinin SHA256 algoritması ile şifrelenmesi neticesinde oluşan özet değeri (Hash) aşağıdaki gibidir.



Şekil 1. SHA256 algoritması ile bir fatura örneği

Kaynak: (https://andersbrownworth.com/blockchain/hash Erişim Tarihi: 15.04.2022)

Bu bilgileri içeren bir verinin SHA256 algoritması ile şifrelenmesi neticesinde *dd776d57709bd39a117fe9dc9705899cdfe6f37c3eb56ff8fe98f45e116e43..* şeklinde 64 bytelık (karakter) özet değerine (Hash) ulaşılmaktadır. Ancak örneğin düzenlenen faturanın numarasının yanlışlıkla BLK202200000003 şeklinde girilmesi neticesinde oluşacak özet değeri ise aşağıdaki gibi şekillenecektir.



Şekil 2. SHA256 Algoritmasında Faturada Değişiklik Örneği

Görüleceği üzere fatura numarası alanındaki son rakamda yapılan değişiklik neticesinde *531ad24c3ed55bf3a94086434414e3e568f91ced9aa81c801fe73a3dbcd6b0..* gibi çok farklı bir özet değerine ulaşılmaktadır. Bu minvalde, blok zincir güvenliğinin temelini oluşturan kriptografik algoritmalar, aynı veride aynı özet değerini, farklı veride farklı özet değerini alarak çakışmamak zorundadır. İlave olarak, kriptografik algoritmalar tek yönlü çalışan algoritmalardır. Algoritma, kendisine sunulan veri (girdi) doğrultusunda tek bir özet değeri (çıktı) vermelidir. Sistem güvenliği açısından çıktıdan da veriye ulaşılmamalıdır. Yani yukarıda yer alan örnekten de görüleceği üzere, hash değeri girdi olarak alınarak veriye ulaşılamamalıdır.

2.4.1.2 Kriptografik Şifreleme Yöntemleri

Kriptografik algoritmalar olarak tanımlanan algoritmalar, şifreleme ve şifre çözme işlemlerini gerçekleştiren algoritmalardır. Kritptografik algoritmalar şifreleme ve şifre çözme işlemlerini anahtar kullanarak yapmaktadır. Anahtar kullanan bu algoritmalar ise

simetrik şifreleme (gizli anahtar şifreleme) ve asimetrik şifreleme (açık anahtar şifreleme) algoritmaları olarak ikiye ayrılmaktadır **(Beşkirli, Özdemir ve Beşkirli, 2019, s. 285)**.

Simetrik şifreleme

Verinin şifrelenmesi ve şifrenin çözülmesi işlemlerinin her ikisinin de tek bir anahtar ile yapılabildiği şifreleme sistemine simetrik şifreleme sistemi denilmektedir. Simetrik şifreleme yönteminde mesajı gönderen taraf iletiyi şifrelerken, iletiyi alan taraf ise şifreyi çözerken bir tane gizli anahtar kullanmaktadır. Yani hem bilginin şifrelenme işleminde hem de bilgi şifresinin çözülmesi işleminde aynı anahtar kullanıldığından bu şifreleme yöntemine gizli anahtarlı şifreleme denilmektedir **(Dinçel, 2020,38–39)**.

Simetrik şifrelemede mesaj gönderici tarafından şifrelenirken alıcı tarafından da aynı şifreleme anahtarıyla şifrelenir. Alıcı kendisine ulaşan şifreli mesajı orijinal haline döndürürken kendisinde bulunan bu anahtar ile mesajı çözer. Simetrik algoritmalarda şifreleme ve şifre çözme işlemlerinde aynı anahtar kullanılmaktadır **(Yılmaz ve Ballı, 2016, s. 20).**

Anahtarın veri transferinden önce taraflar arasında paylaşılması gereken bu algoritmada eğer zayıf bir anahtar kullanılırsa veri herhangi biri tarafından deşifre edilebilir. Bu nedenle şifreleme algoritmasının gücü kullanılan anahtarın uzunluğuna bağlıdır **(Matin, Hossain, Islam, Islam ve Mofazzal Hossain, 2008, s. 280).**

Diğer algoritmalara göre hızlı olması, özel donanıma uyumlu olması, gizlilik ve güvenlik konusunda başarılı sonuçlar vermesi, anahtar uzunluğunun daha kısa olmasından dolayı algoritma hızının daha yüksek olması simetrik şifrelemenin avantajları arasında sayılabilir. Anahtar dağıtımında güvenlik zafiyeti, sınırlı kapasite ve bütünlük ve kimlik doğrulamada güvenli bir hizmet sunumunun zorluğu bu şifreleme yönteminin dezavantajları arasındadır **(Şahin, 2015, s. 28).**

Asimetrik şifreleme

Asimetrik şifreleme, veriyi şifrelemek için kullanılan anahtarın yanında ayrıca bir de şifrelenen bu veriyi çözmek için ayrı bir anahtarın gerektiği bir şifreleme yöntemidir. Özel ve açık olmak üzere her bir kullanıcının bir anahtar çifti olduğu bu yöntemde, açık anahtar (public key) herkese dağıtılabilirken özel anahtar (private key) ise sadece ona sahip olan kişide kalır. Açık anahtar ileti şifrelemesinde kullanılırken özel anahtar şifreyi çözmede kullanılır **(Dinçel, 2020, 39–40).**

Matematiksel özelliklerinden dolayı her kişi için farklı olan açık-özel anahtar çifti yalnızca kullanıcıya özeldir. Şifre çözüm anahtarının (private key) şifre anahtarından (public key) hesaplanması zordur. Şifre anahtarının (public key) halka açık olduğu bu

yöntemde şifrelenen veriyi ancak ilgili şifre çözüm anahtarına (private key) sahip kişiler çözebilir. Bu sebeple açık anahtar ile şifrelenen bir mesaj yalnız ve ancak ona ait özel anahtarca çözülebilmektedir. Herhangi bir kullanıcının özel anahtarıyla attığı sayısal imzanın doğrulanabilmesi de ancak o kullanıcının açık anahtarı kullanılarak mümkün olabilmektedir **(Kodaz ve Botsalı, 2010, s. 14).**

Blok zincir teknolojisinin ilk ve en önemli uygulaması olan Bitcoin uygulaması açısından özellikle açık anahtar kriptografisi, bir hesaptan gerçekleşen para transferinin hesabın gerçek sahibi tarafından yapılıp yapılmadığının tespitine yönelik zorluğun üstesinden gelmiştir. Bir çift anahtarın şifreleme ve şifre çözmede kullanıldığı açık anahtar kriptografisinde, eğer bir ileti bu anahtarlardan biri ile şifrelenmiş ise, şifrelenmiş bu ileti orijinal haline diğer anahtar tarafından çevrilmektedir. Bu sistem öyle bir şekilde dizayn edilmiştir ki, bir anahtardan diğerini tanımlamak imkânsızdır. İleti güvenliğini sağlayan açık anahtar kriptografisinde eğer bir mesajın göndericisi bu mesajı açık anahtarı ile şifreleyip alıcısına gönderiyorsa, alıcı da şifrelenmiş bu metni özel anahtarı ile deşifreleyerek orijinal mesajı görebilmektedir **(Yano, Dai, Masuda ve Kishimoto, 2020, s. 134).**

Blok zincir teknolojisinin en yaygın kullanım alanlarının başında gelen kripto para transferinde en yaygın olarak kullanılan asimetrik şifreleme algoritmaları RSA (Rivest-Shamir-Adleman), Eliptik Eğri Algoritması (ECC), ElGamal ve Diffie-Hellman (DH), Digital Signature Algorithm (DSA) algoritmalarıdır **(Turgut, 2020, s. 35).**

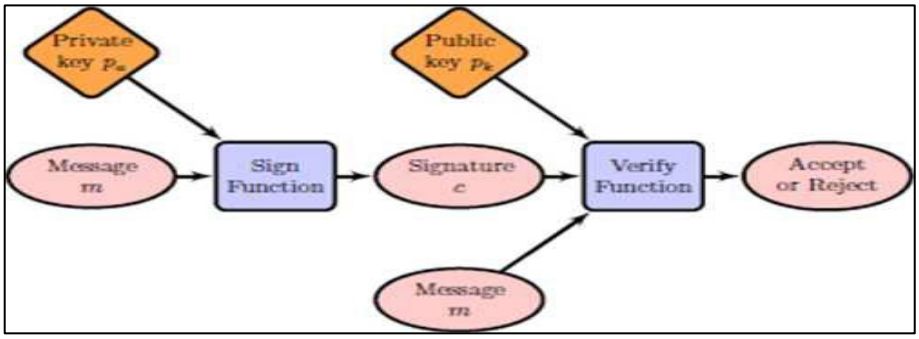
Şifre güvenliğinin daha iyi olması, şifrelemede kullanılan iki anahtar sayesinde sayısal imza ile inkâr edilememenin sağlanması, anahtarın kullanıcı tarafından belirlenebilmesi, kimlik doğrulama ve gizlilik ilkeleri için güvenli bir yol olması, özel anahtarların karşılıklı aktarımının gerekli olmaması, özel anahtarların ise herhangi bir internet sunucu üzerinden dağıtılabilmesi gibi hususlar asimetrik şifrelemenin avantajları arasında sayılabilir. Şifrelerin uzun olması ve algoritma çalışma hızını yavaşlatması ise dezavantajları arasındadır **(Şahin, 2015, s. 27).**

2.4.2 Dijital İmza

Dijital iletilerin doğruluğunu göstermek için kullanılan ve matematiksel bir şema olarak tanımlanabilecek dijital imzalar, iletinin değişmezliğini ve bilgi bütünlüğünü güvence altına alan, orijinal, yeniden kullanılamaz, değiştirilemez ve iptal edilemez nitelikte imzalardır. Asimetrik şifreleme üzerine kurulu imza işleminde ilk önce başlangıç

bilgisinin bir özeti oluşturulur ve özel anahtarla şifrelenir. İmza adı verilen bu işlemde, imzayı doğrulamak için, alıcı mesajdan şifreli özeti alır ve şifresini çözmek için genel anahtarını kullanır. Alıcı, almış olduğu bilgilerden bir özet değeri yaratır ve daha önce şifrelenmiş özet değeri ile karşılaştırarak imza kontrolünü sağlar **(Keskin, 2019, 16–17).**

Dijital imzalar, bir mesajın bir başka kişiden mi yoksa asıl göndericisinden mi geldiğini ispatlamaya yarayan imzalardır. Bu amaçla, gönderici özel anahtarı ile mesajı şifreler ve hem şifreli mesajı hem de açık anahtarı orijinal mesajla alıcısına gönderir. Alıcı, almış olduğu açık anahtarı ile şifreyi çözer. Eğer şifresi çözülmüş mesaj orijinal mesaj ile aynı ise alıcı mesajın göndericisinin özel anahtar sahibi gerçek gönderici olduğundan emin olmaktadır **(Yano ve diğerleri, 2020, s. 135).**



Şekil 3: Dijital imza süreci

Kaynak: (Badew ve Chen, *Bitcoin: Technical Background and Data Analysis,* s.8)

Yukarıda özetlenen dijital imza sürecinde, imza fonksiyonu (sign function) iletilmek istenen mesaj (message m) ile göndericinin özel anahtarını (private key) bir araya getiren ve dijital imzayı üreten (signature c) bir fonksiyondur. İmzayı elde etme, esasen iletilmek istenen mesajı göndericinin kimliği olarak tanımlanabilecek özel anahtarı ile imzalaması işlemidir. Alıcı, imzalı mesajı (mesaj m ile birlikte imzası olan signature c) alır. Mesajı kabul etmeden önce, alıcı göndericinin doğruluğunu mesaj ve göndericinin açık anahtarı (public key) ile tasdik eder. Doğrulama fonksiyonu (verify function) olarak tanımlanan bu işlemde, imzalı mesaj (m ve c) göndericinin açık anahtarı ile işleme sokularak kabul ve ret şeklinde ikili bir çıktı üretilir **(Badev ve Chen, 2015, s. 8)** .

Dijital imzalar, gönderici ve alıcı arasındaki bir mesajın doğruluğunu aşağıdaki şekilde temin etmektedir:

(i) Tasdik Edilme (authentication): Alıcı, mesajın göndericiden geldiğini doğrulayabilmektedir.

(ii) İnkâr Edilememe (non-repudiation): Gönderici mesajı gönderdiğini inkâr edemez

(iii) Bütünlük (integrity): İletilen mesaj kurcalanmamış/bozulmamış durumdadır **(Badev ve Chen, 2015, s. 8).**

Dijital imzalar, ileti gizliliğinin korunması, iletilerin değişmemesi ve veri bütünlüğünün korunması, bilginin/verinin doğru gönderici tarafından doğru alıcıya gönderildiğinin temini ve imzalı bir verinin inkâr edilememesi gibi özellikleri ile imza ile belgeyi ilişkilendiren, imzalama ve doğrulama sürecine tabi, blok zinciri üzerinden gönderilen ve kaydedilen verilerin güvenliğini sağlama yöntemlerinden biridir. Dijital imzalar ile veri bütünlüğü ile birlikte gönderici kimliği de doğrulanmakta olup, imzalanan bilgileri blok zinciri ağındaki tüm kullanıcılara yayımlanmakta ve bu bilgiler açık anahtar ile ağdaki herkes tarafından görülebilmektedir **(Dinçel, 2020, 44–46).**

2.4.3 Uzlaşı Mekanizmaları (Consensus)

Uzlaşı mekanizmaları, blok zincir teknolojisinde işlem onaylarında bir hata tolerans etme mekanizmaları olarak yer almaktadır. Blok zincir ağı genişledikçe, ağdaki düğümlerin sayısı artmakta ve bu düğümler arasında karar mekanizması oldukça zor hale gelmektedir. Uzlaşı, ağdaki düğümler arasındaki mutabakatı sağlayan bir mekanizmadır **(Lashkari ve Musilek, 2021, s. 43622).**

Dağınık veri tabanında tutulan bir deftere (distributed ledger) herhangi bir işlemin kayıt edilebilmesi için, yapılan işlemin doğruluğunun ağda yer alan düğümler (nokta kullanıcılar/ağdaki bilgisayarlar) tarafından onaylanması gerekmektedir. Deftere veri girişi yapılmak istenildiğinde fikir birliğine (consensus) varılması gerekmektedir ve bu şekilde dağıtık defterler güncellenmek zorundadır. Dolayısıyla mutabakatın sağlandığı koşullarda veriler/işlemler kalıcı olarak kayıtlara eklenmektedir. Kaydı yapılan/uzlaşılan işlemler ağdaki tüm katılımcılara (nodes) erişebilir olduğundan, uzlaşılan ve kaydı gerçekleştirilen bu işlemler itiraz edilemez ve değiştirilemez niteliğe kavuşmaktadır **(Turgut, 2020, 67–68).**

Blok zinciri gibi dağıtık bir ağda fikir birliğine ve mutabakata varmanın zorluğunu ifade eden ve Bizanslı Generaller Problemi (Byzantine Generals Problem/Byzantine Fault) olarak tanımlanan problemde, alınacak kararlar konusunda bir iletişim sorunu yaşanabilmesi karşısında birbirini görmeyen ve güvenmeyen kişiler arasında nasıl fikir birliğine varılabilir sorununun çözümü için Bizans Hata Toleransı sistemi kullanılmıştır.

Bizans Hata Toleransı, bir ağdaki bazı düğümler arasında iletişim eksikliği veya bazı kötü niyetli düğümlerin varlığı halinde sistemin ve blok zincirin çalışması ve blokların doğrulanabilmesini sağlayan uzlaşı (consensus) mekanizmasını ifade etmektedir. Böylelikle merkezi otorite olmayan bir sistemde üyelerin ortak noktada buluşabilmesi, kötü niyetli kişilere rağmen uzlaşı sağlanabilmesi, bir ya da birkaç kişi hata verdiğinde bile sistemin sağlıklı bir şekilde çalışmaya devam etmesini sağlayacak bir hata toleransı ile doğru veya doğruya çok yakın sonuçların elde edilebilmesi mümkün kılınmaktadır **(Dinçel, 2020, 46–47).**

Gerçekten de blok zincir teknolojisinde ağ yapısı genişledikçe, ağı oluşturan ve karar verici niteliğinde olan düğümlerin sayısı da artmaktadır. Dağıtık defter, her bir düğümün erişimine açık olan ve her bir düğüm için aynı ve değişmemiş özellikte olan bir kayıt bütünü olduğundan, bu deftere işlenen her bir veri ve işlemin defter bütünlüğünü koruyacak şekilde her katılımcıda aynı şekilde görünmesi gerekmektedir. Bu kapsamda blok zincirine eklenecek her bir blok için ağda yer alan düğümlerin belli bir çoğunlukla uzlaşıya varması gerekmektedir ki kayıt bütünlüğü korunarak sistemin işleyişinin devamı sağlanmalıdır.

Blok zinciri teknolojisinde geliştirilen bazı uzlaşı mekanizmalarına aşağıdaki bölümlerde değinilmektedir.

2.4.3.1 Proof of Work (PoW)

Bitcoin dâhil birçok blok zinciri teknolojilerinin kullanmakta olduğu Proof of Work uzlaşısı blok zincir ağına tanıtılan ilk uzlaşı algoritmasıdır. Birçok blok zinciri teknolojileri, bütün işlemlerini onaylamak ve bloklarını üretmek için bu algoritmayı kullanır **(Ataşen, 2019, s. 8).**

Ortaya atılan ilk mutabakat algoritması olan Proof of Work Satoshi Nakamoto tarafından 2008 yılındaki Bitcoin makalesinde kendisine yer bulmakla birlikte teknolojinin özünün Adam Back'in *Hashcash CPU maliyet fonksiyonuna* dayanan bir iş kanıtı algoritmasına dayandığı görülmektedir. Nakamoto da ilgili makalede Proof of Work algoritmasının temelinin Adam Back'in Hashcash algoritmasına benzediğini belirtmektedir **(Nakamoto, 2008, s. 3).**

Merkeziyetsiz düğümlerin (nodes) bir araya gelerek oluşturduğu blok zinciri sistemlerinde madenci ismi verilen, kendileri de birer düğüm olan ve blok zincirine yeni bloklar eklemekle görevli operatörler bulunmaktadır. Ağın sürdürülebilirliği ve sürekliliği

adına bu blokların eklenmesi işlemi, karmaşık matematiksel problemlerin çözümü sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu matematiksel problemleri çözen ve bloktaki işlemleri doğrulayan ilk madenci işlemi ağa yayımlayarak ağda belirtilen ödülü ve işlem ücretlerini almaya hak kazanır. Madenciler tarafından doğrulanan ve blok adını alarak ağda yayımlanan bu işlemler blok zinciri olarak adlandırılan dağıtık defter sistemine kaydedilir **(BTCTurk, 2020).** Bu minvalde madencilerin yeni blok oluşturma için yaptıkları işlemler bir iş kanıtı (proof of work) işlemi olup bu işlemleri yerine getirecek karışık matematiksel problemlerin çözümü ise belli bir zaman ve enerji (elektrik) harcanmasını ve CPU kullanımını destekleyecek güçlü bilgisayar donanımlarını gerektirmektedir.

Bu algoritmanın temel mantığı, işlemlerin bloklara eklenmesi ve blokların da deftere sağlıklı kaydedilebilmesi adına, blok üretimi yapan ve blok eklemek için çalışan madencilerin üst üste ve sürekli blok oluşturmalarının önüne geçerek, zincire blok ekleyebilmenin matematiksel bazı çözümlemeler sonunda gerçekleştirilebilmesinin sağlanmasıdır. Bu kapsamda, madencilerden en hızlı şekilde problem çözerek bir iş ispatı ortaya koymaları beklenir ve bunu gerçekleştiren madenciye de bloğa zincir ekleme hakkı ile birlikte ödül de verilir. Böylelikle madencilerin her saniye sürekli blok üretiminin önüne geçilerek blok üretiminin belli aralıklarla ve zincirin tek olmasını sağlayacak şekilde yapılması amaçlanmaktadır **(Dinçel, 2020, s. 48).**

Blok zincir teknolojisinde kullanıcılar (nodes) işlemlerini blok zincir ağına yayımlamaktadır. Ancak ağa yayımlanan bu işlemler hemen geçerli sayılmamakta ve yalnızca zincire eklenmeleri durumunda geçerliliklerini ispat etmektedir. Dolayısıyla PoW algoritması ağdaki madenci olarak tanımlanan düğümlerden en hızlı olanının zinciri güncellemesine imkân veren bir algoritmadır. Bu algoritmada ağa bildirilen işlemler esasen bir aday blok olup, bu işlemler yalnızca bu algoritma ile onaylandıktan sonra zincire eklenerek geçerli bir işlem olarak kabul edilmektedir **(Binance Academy, 2018).**

Algoritmanın işleyişi verilen matematiksel işlemin (bulmacanın) zorluğuna bağlı olarak değişmektedir. Örnek olarak Bitcoin Blok zincirinde *"Öyle bir hash kodu olsun ki, başında n adet sıfır olsun"* şeklinde tanımlanan matematiksel işlemde, n değeri ağın zorluk seviyesine (ağdaki madenci sayısı, dağıtılacak ödül miktarının sınırlılığı gibi etkenler) göre belirlenen bir hash oranına (hash rate) bağlı olarak güncellenmektedir ve bu çerçevede madenciler bulmacanın çözümü için blok içi verileri, nonce (yalnızca bir kez kullanılan sayı) olarak tanımlanan rastgele sayılarla birleştirerek SHA256 algoritmasında teker teker deneme yoluna gitmektedirler. Bu denemeler ile ortaya çıkan Hash kodunun başında, PoW mekanizmasının zorluk derecesinde belirtilen adette sıfır yer alıncaya kadar

hesaplamalar devam etmektedir. Bu kapsamda örnek olarak 2009 yılında Bitcoin ağında oluşturulan 100 numaralı blok sadece 1,00 zorluk seviyesine sahip olup has verisi 8 adet sıfır ile başlamaktaydı. Ancak günümüzde hash verileri 19 adet sıfır ile başlamakta ve zorluk seviyesi çok üst seviyelere gelmektedir. Bitcoin özelinde her 2106 blokta bir düzeltme yapılan ağ zorluğu, her bloğun ortalama 10 dakikada oluşmasını sağlayacak biçimde ayarlanmaktadır **(Günen, 2020).**

Modelin daha anlamlı açıklanması açısından verilen bulmacanın aşağıdaki gibi yedi tane sıfır ile başlayan özet değeri (hash) bulmacası olduğu bir zorluk seviyesinde,

- SHA256 ('blok zincir' + nonce) = '0000000' ile başlayan özet değer bulmacası (Yedi tane sıfır ile başlayan özet değeri).

'blok zincir' metin dizesin sonuna rastgele sayısal bir nonce değeri eklenir ve SHA256 hash fonksiyonunda sokularak özet değeri hesaplanır. Yapılan bazı özet hesaplamalar aşağıdaki gibi olup yedi adet sıfır ile başlayan hash özetine ulaşmış ve bu özete ulaşmak için de 33.758.449 farklı nonce değeri denenmiştir.

- SHA256('blokzincir**0**') =0x**11dda4b**2f8409049aedb06247f0423f45194bdad1c23308b69565e49a671ebab **(çözülmedi)**
- SHA256('blokzincir**1**') =0x**b2efee8**229b6fabd4dad44351ec327c6a3295b19e47e1a239ec381919fcf90ea **(çözülmedi)**
- SHA256('blokzincir**33758449**')=0x**000000**67d668d96d3415bcd2909fed7242cf75438596b38f675e8a926a5e30c (**çözüm!**) **(Kardaş, 2019, 486–487)**

Yukarıda yer verilen örnekte de görüleceği üzere yoğun matematiksel hesaplamalar neticesinde ağ üzerinde istenilen hash değerine ilk ulaşan madenci bulduğu nonce değerini ağdaki diğer kullanıcılara yayımlar ve bloğunu zincire ekleyip fikir birliği işlemini yerine getirerek ödülünü alır **(Mete, 2019, s. 14).** Bu algoritma neticesinde, blok zinciri ağında yer alan her madenci düğümünün gelişi güzel blok zinciri oluşturmasının önüne geçilerek blok bütünlüğü ve sistemin sağlıklı şekilde işleyişi sağlanmış olur.

2.4.3.2 Proof of Stake (PoS)

Bir başka uzlaşı metodu olan ve hisse kanıtı olarak isimlendirilen Proof of Stake yönteminde blok üretiminde matematiksel işlemlere gerek kalmamaktadır. Bu yöntemde blokları zincire ekleme olasılığı, blok zinciri ağı üzerinde sahip olunan pay ile ilişkilidir. Sahip olunan pay ise kişinin kripto paraya sahip olduğu miktar ile doğru orantılıdır **(Dinçel, 2020, s. 49).**

İlk olarak 2012 yılında *"PPCoin: Peer-to-Peer Crypto-Currency with Proof-of-Stake"* ortaya atılan ve PeerCoin blok zincirinde kullanıma sunulan bu algoritmada, elde tutulan para miktarı ve elde tutulan sürenin çarpımı ile hesaplanan ve "Coin Age" olarak tanımlanan para yaşı esas alınarak eşten eşe kripto para ve para basma (minting) süreci için güvenli bir model oluşturulmaktadır. Burada coin age olarak tanımlanan para yaşı, bir kişinin 10 birim parayı 90 gün elde tutma süresi esas alındığında 900 coin günü olarak örneklendirilmektedir. Bir işlemde harcanan "para yaşı" hisse kanıtının bir şekli olarak göz önüne alınmaktadır **(King ve Nadal, 2012).**

Bu protokolde, yeni blokların zincire eklenmesinde görev alacak olan ve "validator/onaylayıcı" olarak tanımlanan kullanıcılar ilgili kripto para biriminin ağına kripto paralarını kitleyerek yapacakları işin teminatını gösterirler. Kitlenen bu teminatlar, onaylayıcının cüzdanından başka bir cüzdana gönderilemezler. Onaylayıcının kilitlenen bu paraları istediği serbest bırakma hakkı vardır. Bloğu oluşturacak kullanıcılar, her bir blok zincir algoritmasında farklılık gösterse de genel olarak sisteme kitlenen para miktarını öncelik kabul etmektedir. Bununla birlikte, paraların sistemde ne kadar uzun süre tutulduğunu esas alan para yaşına ve rastgeleleştirme işlemi denilen işleme de dikkat edilir **(Bitpanda, 2021).**

Onaylayıcıların sisteme para kilitlemeleri neticesinde gelir elde etme saiklerine "staking" denilmekte olup, bu terim Proof of Work algoritmasındaki "madencilik" terimine tekabül etmektedir. Bu algoritmadaki temel hedef de tıpkı PoW algoritmasında olduğu gibi sisteme yeni blok eklemenin kriterlerini belirlemektir. Ancak PoW algoritmasındaki yoğun matematiksel hesaplama ve CPU/enerji sarfiyatı yerine PoS algoritmasında esasen güçlü sermaye yapısı bloğu oluşturma yetkisini daha şanslı kılmaktadır. Bu nedenle, PoS algoritması PoW algoritmasına göre daha çevre dostu bir uzlaşı protokolüdür.

En önemli kriptopara birimlerinden olan Ethereum, 2022 yılında ana ağında kullanmakta olduğu PoW protokolü yerine Ethereum 2.0 versiyonu ile birlikte PoS protokolüne geçmeyi planlamaktadır. Bu protokolde, katılımcıların birer onaylayıcı (validator) olabilmeleri için 32 Etheri (ETH-yaklaşık 100.000 Dolar) sisteme kitlemeleri gerekmektedir. Onaylayıcılar rastgele seçilerek blok oluşturma işini üsteleneceklerdir. Seçim gerçekleşmediğinde de kendi oluşturmadıkları diğer blokların kontrolü ve tasdikini gerçekleştireceklerdir. Kullanıcıların hisseleri ayını zamanda iyi bir onaylama davranışını teşvik edecek şekilde kullanılacaktır. Örneğin bir kullanıcı hissesinin bir kısmını onaylama işleminde çevrim dışı olduğunda veya muvazaalı anlaşma durumda tüm hissesini

kaybedebilecektir. Ethereum 2.0. versiyonunda onaylayıcılar rastgele seçildiğinden rekabet içinde olmayacak ve bu sebeple yoğun miktarda CPU kullanımı ihtiyacı olmayacaktır. Algoritma kendilerini rastsal olarak seçtiğinde blokları yaratacaklar veya seçilmedikleri zaman da önerilen blokları onaylama işlemi (attesting) yapacaklardır **(Ethereum, 2021).**

PoS algoritmaları uygulama alanları arttıkça kendi içinde çeşitlenmektedir. Örneğin PoS algoritmasındaki onaylayıcıların rastsallığına karşın, her bir hisse sahibinin yönetim kuruluna aday sunduğu ve bu kurul üyelerinin yuvarlak masa düzeninde sıra ile blok yarattığı **Delegated Proof of Stake** algoritması **(Jiang ve Tsay, 2019, s. 7)** veyahut sahip olunan hisseye göre onaylama ve blok üretme önceliğinin yanında bu hisselerin (token) ağdaki diğer düğümlerin kullanımına sunulabildiği ve bir nevi kiralanabildiği **Leased Proof of Stake** algoritması **(Ataşen, 2019, s. 12)** buna örnek verilebilir.

2.4.3.3 Diğer Uzlaşı Mekanizmaları

Blok zincir teknolojisinde kullanılmakta olan diğer uzlaşı algoritmalarına kısaca aşağıda değinilmektedir (**Ataşen, 2019, 8–17**).

- **Proof of Elapsed Time**: Bu algoritmada ağdaki madencilik haklarının elde edilmesi için düğümlerin rastgele seçilen bir zaman aralığını beklemesi zorunludur. Belirlenmiş zaman bekleme işlemini bitiren ilk düğümün yeni bloğu kazandığı bu sistemde bekleme süresi en kısa olan ve dolayısıyla en erken uyanan düğüm yeni bloğu oluşturarak ağa yayımlar.

- Practical Byzantine Fault Tolerance: Ağa dâhil her onaylayıcı düğümün kendisine gönderilen işlem bilgisini özel anahtarıyla imzalayarak diğer düğümlere paylaştığı bu sistemde, tüm düğümler birbirleri ile iletişim halinde olup sistemin işleyişi konusunda ortak bir karara vararak anlaşmak temel amaçtır. Lider düğüm ve diğer backup düğümlerin bulunduğu bu sistemde, lider düğüm kendisine gelen işlem isteklerini backup düğümlere iletir ve back up düğümler kendilerine gelen bu isteği uygulayarak işlem isteğini gönderen istemciye iletirler. İstemci yeterli çoğunlukta aynı cevabı alana kadar bekler ve bu cevap istemcinin isteğinin sonucu olarak şekillenir.

- **Simplified Byzantine Fault Tolerance:** Söz konusu uzlaşma mekanizmasında blok üreticisi bir düğüm (generator) ile blok imzalayıcı düğümlerin bir arada çalıştıkları bir algoritma bulunmaktadır. Ağda yer alan düğümler tarafından belirlenen bir üretici düğüm (generator) kendisine önerilen işlemleri toplar, doğrular ve yeni bir blok önerisi içinde bir

araya getirir. Diğer blok imzalayıcı düğümler ise kendilerine önerilen bu bloğu imzalayarak onaylarlar. Blok imzalayıcıları her bloğun içindeki tüm işlemleri doğrularken sadece yeterli çoğunluk tarafından doğrulanan bloklar zincire eklenmektedir.

- Delegated Byzantine Fault Tolerance: Söz konusu algoritma, token sahibi vatandaşlar (citizens), defter tutan temsilci düğümler (delegates) ve bu temsilciler arasından rastgele seçilen bir düğüm olan konuşmacıdan (speaker) oluşan bir yönetim sistemi içinde blok oluşturma uzlaşısının gerçekleştiği algoritmadır. Vatandaşların, sahip oldukları token miktarına bağlı olmadan, oy vererek seçtikleri temsilciler, bu vatandaşların gerçekleştirmek istediği işlemleri dinleyerek takibini yaparlar. Temsilciler arasından rastgele seçilen konuşmacı düğüm, kendi bloğunu önererek önermiş olduğu bu bloğun diğer temsilcilere doğrulama için yollar. Temsilcilerin üçte iki çoğunluğunu sağlayan bloklar zincire eklenmektedir.

- Directed Acyclic Graphs (DAG):

IOTA, Byteball ve Dagcoin gibi projelerin kullanmakta olduğu bu algoritma klasik anlamda blok kavramı içermediğinden tipik bir blok zincir mahiyetinde değildir. DAG yapısı düğümlerden ve yönlü kenarlardan oluşan bir yapıdadır. Klasik blok zincirinde tek yönlü halde birbirine bağlı olan bloklar birbirine tek yönlü bağlı halde tutulur ve bir bloktan diğerine gitmenin sadece bir yolu vardır. Ancak DAG algoritmasında bunun birden fazla yolu olabilir. Bloktaki bir düğüm arasında iki yönlü ilişkin olan klasik blok zinciri sisteminin aksine DAG sisteminde iki düğüm arasında iki yönlü ilişki bulunmamaktadır. İki blok arasında bir bloktan diğer yöne doğru bir kenar (ilişki) mevcut iken bunun tam tersi mevcut olmayabilir ancak bir blok birden fazla blokla tek yönlü ilişki olabilir. Bu sebeple blok zincir doğrusal bir dağıtık defter iken DAG birbirine bağlı bloklardan müteşekkil bir zincire sahip olmayan yapıdadır. Blok yapısı içermediğinden doğrulama işlemlerini düğümler yapar ve bütün işlemler söz konusu düğümlerce en az bir kere doğrulandığı için yüksek güvenirlikli ve daha hızlı yapıdadır.

-**Proof of Activity (PoA):** PoW ve PoS algoritmasının bir karışımı olan algoritmada PoW algoritmasına benzer şekilde başlayan madencilik işlemleri sırasında madenciler bu sefer blok kazmak yerine ödül adresi içeren blok templatelerini kazarlar. Bu aşamayı geçtikten sonra ise PoS algoritmasına geçilerek rastgele işaret edilen bir düğüm kazılmış olan blokları doğrulamakla görevlidir. Doğrulama işlemi neticesinde bir blok zincire eklenebilmektedir.

- Proof of Importance (PoI): PoS algoritmasının geliştirilmesi neticesinde ortaya çıkan bu algoritmada bir düğümün blok zincire eklenmek için uygun olup olmadığına

karar veren hasat mekanizması ile ortaya çıkan bir skorlama sistemi bulunmaktadır. Bir düğüme ne kadar çok hasat yapılırsa zincire eklenme olasılığının arttığı algoritmada hasadı yapan düğüme işlem ücreti verilir.

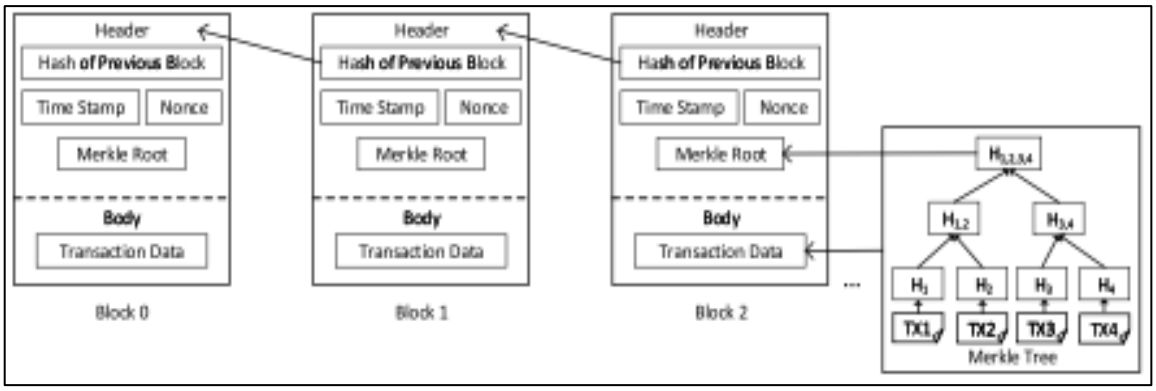
-Proof of Capacity (PoC): Bu algoritma ise PoW algoritmasının geliştirilmiş halidir. Madenci düğümcüler, hard disk alanlarını madencilik işlemlerine tahsis etmek zorundadır. Tahsis edilen bu hard disk alanlarında, nonce değerlerini tahmin edilen olasılıklar daha önceden çözümlenir ve madenciliğe başlamadan önce hazır olarak tahsis edilen bu alanlarda saklanır. Düğümler ne kadar fazla hard disk alanı tahsis ederlerse o kadar fazla ön çözüm değerlerine (plotting) sahip olurlar ve bu sayede madencilik rekabetinde daha avantajlı duruma gelirler. Tıpkı PoW algoritmasında olduğu gibi, rekabeti kazanan madenci, bloğa zincir ekleme hakkına sahip olur.

-Proof of Burn (PoB): Madencilere sahip oldukları coinlerin yakılması (yok edilmesi) oranında blok üretme hakkı veren bu algoritmada madenciler alternatif blok zinciri paraları da yakabilirler ama ağın kendi kriptopara birimini yaktıklarında ödüllendirilirler.

-**Proof of Weight:** Bu algoritma, PoS algoritmasındaki hisseleri ifade eden sahip olunan coin tutarının yanında ağırlıklı faktörler denen özellikleri de dikkate alan özelleştirilebilir ve ölçeklenebilir nitelikte bir algoritmadır **(Ataşen, 2019, 8–17).**

2.4.4 Blok Yapısı

Blok zinciri, yukarıda değinilen uzlaşma mekanizmaları sonucunda onaylanan ve belli bir veriyi/işlemi kriptografik olarak şifreleyerek barındıran bloklardan oluşan bir dağıtık defter kaydıdır. Bir blok zincir ağında, işlemler düğümlerin oluşturduğu toplulukça onaylanarak bir blok içine kaydedilirler. Bir blok, başlık ve işlemlerin kaydedildiği gövdeden oluşmaktadır **(Liang, 2020, s. 122).**



Şekil 4. Blok yapısı görünümü

Kaynak: (Liang, 2020, s. 123)

Blok başlığında bulunan bilgiler şu şekildedir:***(Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019, s. 207)***

- Hangi blok doğrulama kurallarının uygulanacağını belirleyen **Blok Versiyonu,**
- Bloktaki tüm işlem kayıtlarının özet değerini tutan **Merkle Ağaç Kökü Özeti,**
- **Zaman Damgası,**
- Geçerli bir blok özet değeri için eşik değer bilgisini içere **Nbit**,
- Nonce Değeri,
- Bir önceki bloğun **Hash (Özet) Değeri**

Blok gövdesi ise gerçekleşen işlem kayıtlarından ve işlem sayacından oluşmaktadır.

Şekil 5. Blok gövdesi içeriği

Kaynak: (Tanrıverdi ve diğerleri, 2019, s. 207)

Bir bloğun boyutu ise aşağıdaki tablodan görüleceği üzere 4 alandan meydana gelmektedir.

Tablo 1.

Blok Boyutu, Alan ve Tanım Bilgileri

Boyut	**Alan**	**Tanım**
4 Byte	Blok Boyutu	Yazılım/protokol güncellemelerini takip edecek versiyon numarası
80 Bytes	Blok Başlığı	Çeşitli alanlardan oluşan blok başlığı
1-9 Bytes	İşlem Sayacı	Blokta gerçekleşen işlem adedi
Değişken	İşlemler	Blokta gerçekleşen işlemlerin kaydı

Kaynak: (Dinçel, 2020, s. 50)

2.4.4.1 Blok Başlığı

Blok başlığı üç adet üst veri setinden oluşmaktadır. Bunlardan ilki mevcut bloğu blok zincirindeki bir önceki bloğa bağlayan **"bir önceki bloğun hash değeri"**, ikincisi madencilik rekabeti ile ilişkili olan **"zorluk"**, **"zaman damgası"** ve **"nonce değeri"** seti ve sonuncusu ise ve bloktaki tüm işlemleri etkili bir şekilde özetleyen veri yapısını ifade eden **"Merkle ağaç kökü"** setidir **(Antonopoulos, 2014, 164–165).**

Tablo 2.

Blok Başlığı Tanımlayıcıları

Boyut	**Alan**	**Tanım**
4 Byte	Versiyon/Sürüm	Yazılım/protokol güncellemelerini takip edecek versiyon numarası
32 Bytes	Önceki Bloğun Hash Değeri	Zincirdeki bir önceki bloğun Hash değerine ilişkin referans
32 Bytes	Merkle Ağaç Kökü Özeti	Bloktaki tüm işlemlerin Merkle ağacı özet değerleri
4 Bytes	Zaman Damgası	Bloğun yaklaşık olarak oluşturulma zamanı
4 Bytes	Zorluk Hedefi	İş ispatı algoritmasında blok için hedeflenen zorluk derecesi
4 Bytes	Nonce	İş ispatı algoritmasında kullanılan sayaç

Kaynak: (Antonopoulos, 2014, s. 165)

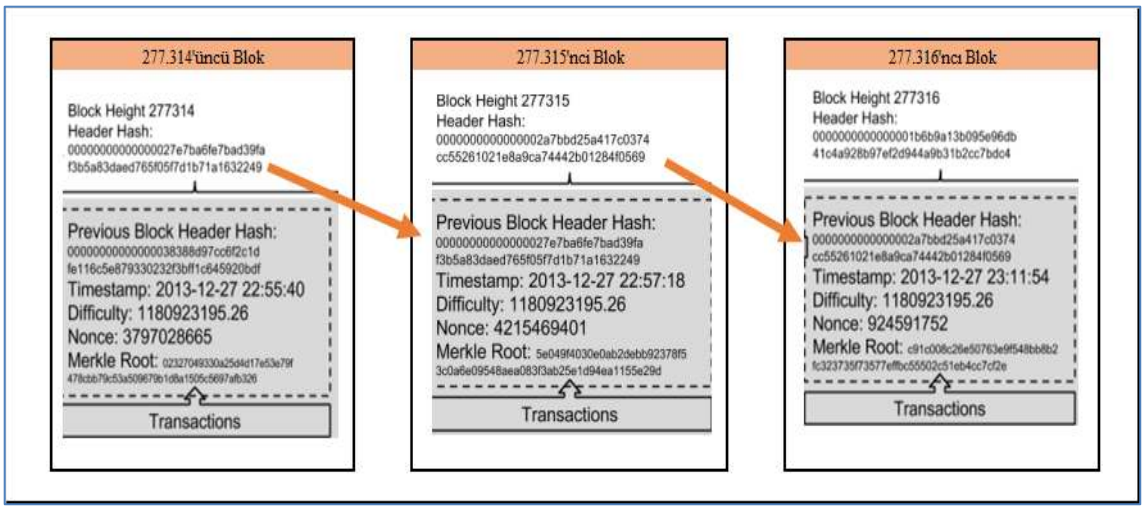
Blok tanımlayıcılarından en başta geleni dijital parmak izi olarak açıklanan ve blok başlığının iki kere SHA56 hash algoritmasına sokulması neticesinde elde edilen 32 bytelık hash değeridir. Bu özet değer bir bloğu açık bir biçimde ve eşsiz olarak diğerlerinden ayıran ve herhangi bir düğüm tarafından blok başlığını bağımsız olarak basitçe hashlamak suretiyle ortaya çıkan değerdir. Bir bloğu tanımlayacak bir diğer yol ise "blok yüksekliği"

olarak tabir edilen blok zincir içindeki konumudur. Bu kapsamda blok zincirde oluşturulan ilk blok olan genesis bloğun yüksekliği sıfırdır ve her bir takip eden blok bu bloğun üstüne eklendikçe yükseklik artmaktadır. Örnek olarak 2009 yılında Bitcoin 'in genesis bloğunun yüksekliği 0 iken 1 Ocak 2014 yılında 278.000 blok genesis bloğun üzerine eklenmiştir. Ancak blok özet değerinin aksine blok yüksekliği biricik bir tanımlayıcı değildir. İki veya daha fazla blok aynı blok yüksekliğine sahip olabilmektedir **(Antonopoulos, 2014, 165–166).**

2.4.4.2 Blokların Zincire Eklenmesi

Blok zincir teknolojisinde temel saik, merkeziyetsiz bir veri tabanında düğümler arasında işlemlerin uzlaşı yolu ile onaylanması ve veri bloklarının zincirler halinde kaydedilmesidir. Blok zincirde verilerden oluşan blokların önceki bloklarla bağlantı kurması özet (hash) değerleri ile mümkün olmaktadır. Zincirde yer alan bloklar birbirine hash değerleri üzerinden bağlanır **(Şuekinci ve Çatıkkaş, 2020, s. 54).**

Ağda yer alan düğümler blok zincirin yerel bir kopyasını bilgisayarlarında tutmaktadır. Bu yerel kopya, zincire eklenen yeni bloklarla birlikte sürekli olarak güncellenmektedir. Bir düğüm ağda yayımlanmakta olan yeni blokları aldıkça, bu blokları onaylayacak ve mevcut olan zincire bağlayacaktır. Bu bağlama işi için düğüm aday bloğun başlığını inceleyecek ve bir önceki bloğun hash değeri ile karşılaştıracaktır **(Antonopoulos, 2014, 167–169).**

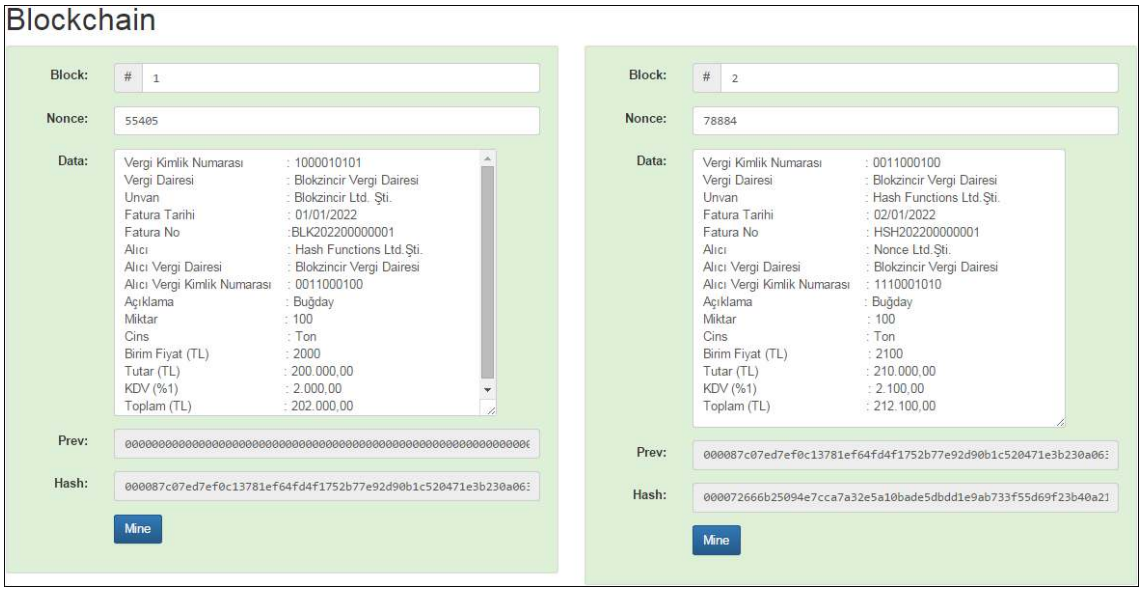


Şekil 6. Blokların zincire eklenmesi

Kaynak: (Antonopoulos, 2014, s. 167)

Tablodan görüleceği üzere zincire eklenen her yeni blok, bir önceki blok başlığının hash özeti ile eşleşerek zincir oluşturmaktadır. Blokların zaman damgasına bakıldığında, her bir sonraki bloğun zaman damgası bir öncekinden daha sonraki zamanda oluşturulmuştur. Hesap defterinin yeni bir sayfası olarak tanımlanabilecek her blok, işlem veya verilerle dolduğunda hashlenmekte ve bir önceki bloğun üzerine eklenerek blok zinciri oluşturulmaktadır. Her blok bir önceki bloğa bağlı olarak şifrelenmekte ve blok yapısında daha sonra meydana gelebilecek değişiklikler diğer blokları da etkilemektedir **(Turgut, 2020, s. 62).**

Blokların zincire eklenmesi hususunu basit bir blok zincir demosu üzerinde aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır.



Şekil 7. Basit bir blokzincir demosu

Kaynak: Tarafımızca Oluşturulmuştur.

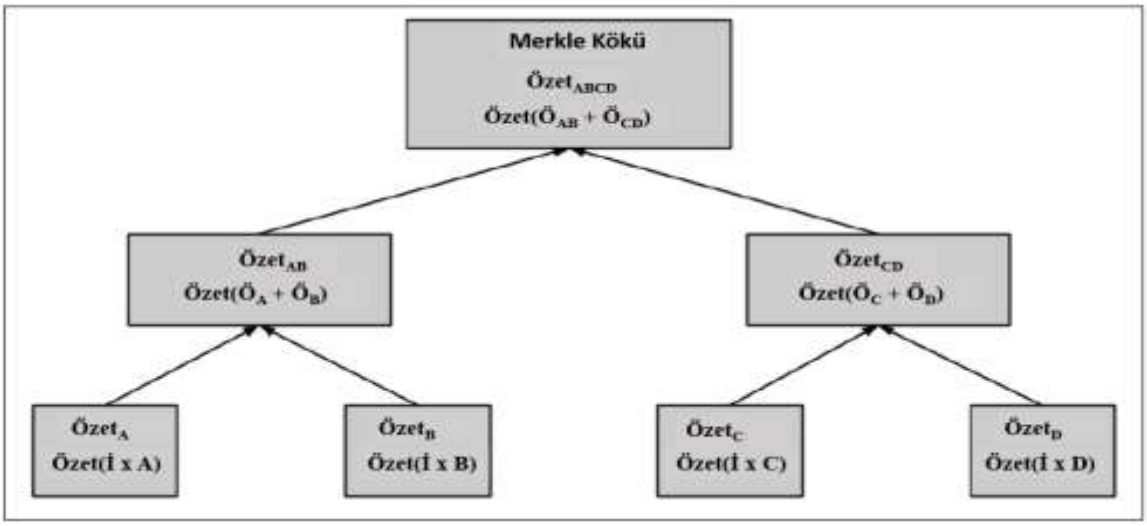
Tabloda, hayali olarak Blok zincir Vergi Dairesi'nin 1000010101 vergi kimlik numaralı mükellef kurumu Blok zincir Limited Şirketi, aynı vergi dairesinin 0011000100 vergi kimlik numaralı mükellef kurumu olan Hash Functions Limited Şirketi'ne 01/01/2022 tarih ve BLK202000000001 numaralı e-fatura ile 100 ton buğdayı satmıştır. Fatura bedeli ise KDV dâhil 202.000,00-TL'dir. Bu işlem, bloktaki ilk işlem olduğundan (genesis blok) blok yüksekliği #1 ve önceki blok olmadığından "previous hash" alanı sıfırdır.

Hash Functions Ltd. Şti, 01/01/2022 tarihinde almış olduğu bu buğdayı 02/01/2022 tarihinde aynı vergi dairesinin 1110001010 vergi kimlik numaralı mükellef kurumu olan Nonce Limited Şirketi'ne HSH2022000000001 numaralı e-fatura ile satmış ve bu bilgileri içeren veriyi ağa iletmiştir. Bu bloğun zincire eklenebilmesi için ağdaki herhangi bir madenci, bir önceki bloğun (#1) hash değerini bu bloğun (#2) hash değeri ile eşleştirerek ve uzlaşma algoritmasındaki zorluk derecesine göre matematiksel işlemleri gerçekleştirerek buldukları nonce değeri neticesinde "0000……" şeklindeki 4 adet sıfırla başlama zorunluluğu bulunan hash değerini oluşturmuş ve bu bloğu zincire ekleyerek esas itibarıyla tedarik zinciri olarak tanımlanabilecek bir blok zincirini oluşturmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken husus, #1'in hash değeri ile #2'nın previous hash değeri alanındaki özetin özdeş olması gerektiğidir.

2.4.4.3 Merkle Ağaç Kökü

Bir blokta gerçekleştirilen tüm işlemleri etkin bir şekilde özetlemeye yarayan Merkel kökü esasen blok başlıklarında yer almaktadır. Merkle ağacı bir blokta yer alan çok sayıdaki işlemlerin bir araya getirilerek özetlenmesine ve bu veri yığınının doğrulanmasına yarayan bir yoldur. Bu kapsamda bir blokta yer alan çok sayıda işlemler kendi aralarında ikişerli gruplar halinde özetlenir. Bu özetleme işlemlerine tek bir özet değeri (32 byte) elde edilene kadar devam edilir. İşlemlerin ikişerli özetlenmesi sonucunda oluşan ağaç yapısına Merkle Ağaç Yapısı ve bu işlemler neticesinde oluşan tek özet değerine ise Merkle Kökü denir. Böylelikle bloktaki her işlemi tek tek kontrol etmenin yol açacağı zaman kaybı yerine bunlardan elde edilen kök özetinin kontrolünün sağlanması zaman tasarrufuna yol açacaktır. Bloğa ait herhangi bir işlemin değişikliğe uğraması durumunda hem o işleme ait Merkle Kök değeri hem de bloğun özet değeri değişmiş olacağından, o bloktan sonraki tüm bloklar doğrulanamaz hale gelecektir **(Şen, 2019, s. 90).**

Büyük veri kümelerini güvenli ve hızlı bir şekilde özetlemek ve doğrulamak için kullanılan bu yapı esasen ikili (binary) bir ağaç yapısıdır. Ağaç yapısının işleyişi en altta yer alan çok sayıda işlemlerin (verilerin) ikili bir şekilde özetleme fonksiyonuna sokularak yukarı doğru tekil bir özetleme değerine ulaşılana kadar işleme devam edilir **(Usta ve Doğantekin, 2018, s. 114).**



Şekil 8. Merkle ağaç kökü

Kaynak: (Dinçel, 2020, s. 53)

Merkle Ağacının işleyiş yapısı bir blok içindeki tüm işlemlerin ağacın en altından başlayarak ikili gruplar halinde özetlenmesi ile başlar. Şekilde, blok içinde yer alan A, B, C ve D işlemleri ikili (binary) gruplandırılarak (A ve B ile C ve D) özet (hash) fonksiyonuna sokularak bir üstte yer alan Özet (AB) ve Özet (CD) değerlerine ulaşılır. Bu değerler de yine ikili halde (Özet AB ve Özet CD) hash fonksiyonuna sokularak en üstteki 32 Bytelık tekil köke (Özet ABCD) ulaşılır. Elde edilen bu merkle kökü blok başlığında depolanır ve blokta yer alan tüm işlemler özetlenmiş olur. Böylelikle bir blok tamamlandığında bloğun tamamının özet değerini almak yerine sadece blok başlığının özet değeri hesaplanarak veri doğruluğu açısından zaman tasarrufu sağlanır. Ağdaki binlerce katılımcının doğruladığı zincire yeni blok ekleme işlemi böylelikle daha hızlı ve verimli hale gelmektedir **(Dinçel, 2020, s. 53).**

2.4.4.4 Zaman Damgası (Timestamp)

Belirli bir verinin belirli bir tarihte var olduğunu kanıtlamaya yarayan zaman damgası verinin bütünlüğünü ve belli bir tarihteki varlığını onaylar. Zaman damgası bir sözleşmenin imzalandığı, paranın transfer edildiği, başvurunun yapıldığı, fikri ve kullanım haklarının elde edildiği tarih ve saati kanıtlamaya yarar **(Kamu Sertifikasyon Merkezi, 2021).**

Dijital verilerin hackerlar tarafından kolaylıkla kurcalanabileceği dikkate alındığında, bu verilerin oluşturulma zamanlarının ve sahiplerinin ispatı da oldukça

zorlaşmaktadır. Bunun amacıyla merkezi otoriteler (Türkiye'deki Kamu Sertifikasyon Merkezi veya Amerika'da TSA gibi) tarafından yürütülen zaman damgalama işlemlerinin merkeziyetsiz olarak gerçekleştirilebilmesi, blok zincir teknolojisi ile gerçekleşmiştir. Böylelikle gerçekleştirilen işlemlerin varlığı ve bütünlüğü değiştirilemez, kurcalanamaz ve taklit edilemez olmaktadır **(Gao ve Nobuhara, 2017, s. 252).**

Blok başlığında yer alan zaman damgası bilgisi, kripto paralar açısından mükerrer harcama sorununu (double spending) diğer blok zincir uygulamaları açısından ise değer veya verinin birden fazla kez transferini engellemektedir **(Şen, 2019, s. 17).** Zaman damgası sayesinde örneğin para transferinde olmayan bir paranın mükerrer transferinin veya varlık transferinde örneğin emtia zincir tedarikinde olmayan malların transferinin önüne geçilebilmektedir. İlaveten bir varlığın ilk hangi düğümün mülkiyetinde olabileceği gibi hususlar da çözüme kavuşmuş olabilmektedir.

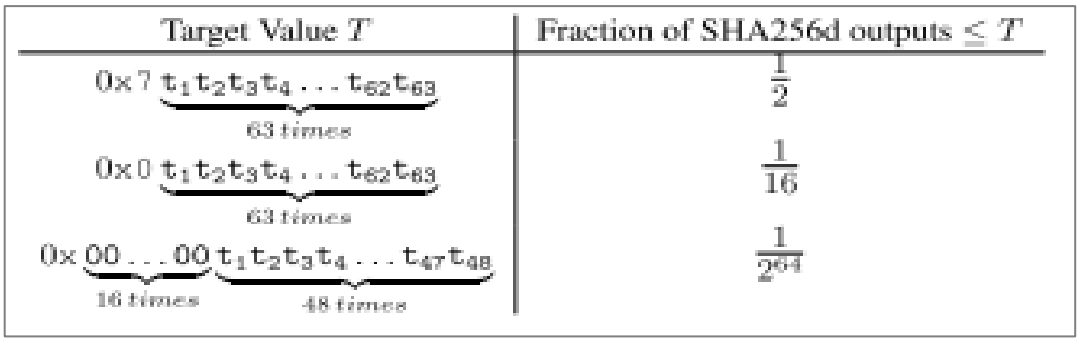
2.4.4.5 Zorluk Hedefleri ve Nonce Değeri

Zorluk hedefi, bir bloğun geçerli bir şekilde oluşturulabilmesi için gerekli iş ispatının sağlanabilmesinin madenciler için ne kadar zor olması gerektiğini tayin eden hedeftir. Özellikle ilk uzlaşı algoritması olarak tanımlanan Nakamoto'nun Proof of Work algoritmasında herhangi bir düğüm bir bloğun hash değerinin belirlenmiş bir hedef değerden düşük olmasını sağlayacak şekilde geçerli bir sayı (nonce) üreterek zincire yeni blok ekleyebilmektedir. Bu rastsal sayı tahmini işi ise genellikle bulmaca çözme olarak anılmaktadır **(Jiang ve Tsay, 2019, s. 6).**

Bu bulmaca ise aşağıdaki şekilde tanımlanabilmektedir.

$$\text{SHA256d}\,(Ver||HashPrevBlock||\ldots||\boldsymbol{Nonce}) \leq T$$

Burada parantez içinde belirtilenler esasen blok başlığında bulunan bilgilerdir. Bu bilgilerin ikinci defa (SHA256d) hash algoritmasına sokulması neticesinde elde edilecek hash değerinin belirlenen hedef değerden (T) daha düşük olması amaçlanmaktadır **(Raikwar ve diğerleri, 2019, s. 148553).**



Şekil 9. SHA256 Algoritması hash değeri çıktıları ve hedef değerleri

Kaynak: (Raikwar ve diğerleri, 2019, s. 148553)

SHA256 hash fonksiyonuna sokulan veriler 64 byte (64 karakter) uzunluğunda çıktı üretirler. Bu çıktıların hedeflenen değeri PoW uzlaşısında belli sayıda sıfırla başlama kriteri olarak belirlenmiş ve bu değerin ne kadar fazla sıfır ile başlaması hedef konulmuş ise, problemi çözme zorluğu o kadar fazla olarak belirlenmektedir. Örneğin uzlaşı algoritmasına madenciler için konulan hedef bu değerin 7 ile başlaması ise (tablodaki ilk sonuç) SHA256 hash fonksiyon çıktısının hedeflenen değerden düşük olma olasılığı %50 olmaktadır. Eğer uzlaşı algoritmasında konulan hedef 64 bytelik karakterin 16 kere sıfırla başlaması (tablodaki üçüncü sonuç) ise bu olasılık $1/2^{64}$'e (0,00000000000000000005421010862427522) çıkmaktadır.

Dolayısıyla Blok başlığına eklenen bir **nonce** değerinin SHA256 fonksiyonuna sokulması neticesinde elde edilecek değer belirlenen hedef değerden düşükse bu koşulu sağlayan madencinin zincire blok ekleme hakkı doğacaktır. Daha yalın ifadeyle formüle etmek gerekirse;

$W(b, \eta) < 1/d$ formülasyonunda,

(1/d ifadesi bir üstteki fonksiyonda T zorluk hedefine tekabül etmektedir)

W: Proof of Work fonksiyonu

b: Blok Başlığı

η: nonce değeri

d: zorluk derecesi olarak dikkate alındığında amaç, veri bir blok (b) için öyle bir nonce değeri (η) bulunsun ki fonksiyon sonucu çıkan değer (W), hedeflenen değerin (T=1/d) altında kalsın şeklinde olacaktır. Bu kapsamda d zorluk derecesi ne kadar yüksek belirlenirse, T zorluk hedefi o kadar yükselmektedir. Eğer zorluk derecesi d ne kadar yüksek olursa, madencilerin çözümü bulması o kadar nadir, bu değer ne kadar düşük

olursa çözümün bulunması ise o kadar sık olacaktır. Bitcoin blok zinciri için amaçlanan hedef, madencilerin her 10 dakikada bir zincire yeni blok eklemesi şeklindedir **(Fullmer ve Morse, 2018, s. 5989).**

Alt blokların oluşturulması için gerekli asgari zorluk hedefi, blokların oluşturulmasındaki zaman aralıklarını belirlemektedir. Alt blokların oluşturulmasındaki frekans sıklığı arttıkça, daha düşük madencilik emeğine ve daha sık çatallanmaya yol açmaktadır. Bloktaki işlemlere cevap verilebilirliği daha iyi hale getirse de bu husus tesadüfi çatallanma oranında yüksekliğe ve blokların onaylanmasında güvensizliğe sebep olmaktadır **(Zamyatin, Stifter, Schindler, Weippl ve Knottenbelt, 2018, s. 4).**

Burada değinilen çatallanma, ağdaki iki veya daha fazla madencinin aynı anda blok oluşturması nedeniyle zincir yapısının çatallanarak farklılaşmasını ifade eden **tesadüfi çatallanma** (accidental forking) çatallanma olarak tanımlanmaktadır. Zorluk seviyesi düştükçe, madencilerin problemi çözme ve blok oluşturma hızı yükselecek ve aynı anda tesadüfi olarak blok oluşturulması durumu daha sık rastlanabilecektir.

Blok zincirin tanımı gereğince her blok sadece bir tane ata bloğa sahiptir. Fakat yukarıda bahsedildiği gibi bazı durumlarda bir veya birkaç madenci neredeyse eş zamanlı olarak yeni blok yaratarak birden çok çocuk bloğun aynı ata bloğa sahip olmasına (çatallanmaya) sebep olmaktadır. Uzlaşma mekanizmasının son adımı, bu oluşturulan (çocuk) bloklardan hangisinin ana zincire ekleneceğini, hangisinin ise atılacağını ve **öksüz blok (orphaned blok)** olarak tayin edileceğini seçecektir. Bu ise, düğümlerin uzlaşma mekanizması çerçevesinde dürüstçe davranarak en uzun zinciri seçmeleri ve çatallanmayı çözmeleri sonucunda olacaktır **(Chicarino, Albuquerque, Jesus ve Rocha, 2020, s. 146).**

2.5. Blok zincir (Blockchain) Ağ Türleri

Bitcoin, Ethereum, Hyperledger, Ripple gibi uygulamalara konu olan Blok zincir teknolojisinde, her bir uygulamanın gereksinimine göre bir ağ yapısının kurulması söz konusudur. Gerçekleştirdiği radikal değişiklikler ve tüm sektörler üzerindeki etkileri dikkate alındığında, blok zincir teknolojisinin çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Blok zincir ağ türlerinin seçilmesinde varlıkların hukuki durumunu koruyan bir hukuksal çerçevenin varlığı göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak bu sistemin gerçek başarısı, yeni yönetişim şekillerinin yaratılmasındaki içsel kapasiteye de bağlıdır **(Covarrubias ve Covarrubias, 2021, s. 11).**

Finans sektörü başta olmak üzere sağlık, enerji, tedarik zinciri gibi diğer sektörlerin de adapte olmaya çalıştığı bu teknolojide, sektörlerin çalışma yapısı ve iş modellerindeki farklılıklar nedeniyle tek tip bir blok zincir ağının talepleri karşılaması mümkün olmamaktadır. Bu sebeple farklı türdeki blok zincir ağlarının ortaya çıkması zorunlu hale gelmektedir **(Dinçel, 2020, s. 64).** Burada, sektör paydaşlarının dışa açıklığı, sayısı, varlıkların hukuki statüsü, sektörün korunma ihtiyacı gibi unsurlar, seçilecek blok zincir ağının özelliklerini belirlemektedir.

Blok zincir ağ türleri, **verilere erişe bilirlik kriterine** göre açık (public) blok zincir, özel (private) blok zincir, konsorsiyum (community/concortium) blok zincir ve bunların karışımı olan hibrit (hybrid) blok zincir olarak gruplandırılmaktadır. **Yetkilendirme kriterine** göre izin gerektirmeyen (permissionless) blok zincir, izin gerektiren (permissioned) blok zincir ve bu ikisinin karışımı olan hibrid blok zincir olarak gruplandırılmaktadır. Fonksiyonalite ve akıllı sözleşme destekle durumuna göre ise işlem merkeziyetsiz (stateless) blok zincir ve işlem merkeziyetsizlik (stateful) blok zincir olarak gruplandırılmaktadır **(Shrivas ve Yeboah, 2018, s. 3).**

2.5.1 Açık Blok zincir (Public Blockchain)

Açık blok zincirler, halka açıktırlar ve isteyen herkes birer düğüm olarak karar alma süreçlerine katılabilirler ancak bu katılımlarından dolayı fayda sağlayabilirler veya sağlayamazlar. Ağdaki hiç kimse dağıtık defter üzerinde mülkiyete sahip olmayıp bu defter ağdaki tüm katılımcılara açıktır. Blok zincirdeki kullanıcılar dağıtık bir uzlaşı mekanizması ile karara varırlar ve defterin bir kopyasını yerel bilgisayarlarında saklarlar **(Sarmah, 2018, s. 26).**

Açık blok zincirler genel itibarıyla isteyen herkesin ağa ve karar alma süreçlerine katılabildiği blok zincirlerdir. Ancak açık blok zincirlerin uzlaşma mekanizmasına katılma ve blok oluşturma bakımından düğümlere bazı sınırlamalar getiren türleri bulunmaktadır. Bu ağlarda ortaya çıkan "izin" modelleri blok zincir ağındaki bazı katılımcılara sağlanan çeşitli imtiyazlardan oluşmaktadır. Bir blok zinciri ağı oluşturulurken 3 ana izin türü söz konusu olabilmektedir. Bunlardan biri "okuma" olarak adlandırılan ve kayıtlara erişim ve bu kayıtları görme yetkisi veren izindir. Diğeri "yazma" olarak adlandırılan ve işlemleri/blokları oluşturma ve ağa yayma yetkisi veren izindir. Diğeri ise "güncelleme" olarak adlandırılan ve dağıtık defter statüsünü güncelleme yetkisi veren izindir **(Hileman**

ve Rauchs, 2017, s. 20). Bu sebeple açık zincirler izin gerektiren ve izin gerektirmeyen açık blok zincirler şeklinde iki türe ayrılmaktadır.

2.5.1.1 İzin Gerektirmeyen Açık (Public Permissionles) Blok zincirler

Tamamıyla açık ve her düğüme tarafsızca davranılan bu ağ türünde kayıtlara erişim ve okuma sınırlaması bulunmamaktadır. Bu ağ türü güvenilmeyen ağlarda kayıtların değişmez (immutable) yapısı nedeniyle mükemmel şekilde çalışmaktadır. Herhangi bir düğüm güncellenmiş blok zincir defterini indirebilmektedir **(Covarrubias ve Covarrubias, 2021, s. 11).**

Ağa katılımda herhangi bir iznin gerekmediği bu blok zincir türünde herkesin onaylama sürecine kendi işlem gücüne göre katılım hakkı bulunmaktadır **(Shrivas ve Yeboah, 2018, s. 3).** Düğümlerin ağda yer alan verileri okumak, mevcut uzlaşı mekanizmasına göre işlemleri onaylamak ve yeni blok yaratmak konusunda izin alması gerekmemektedir. Katılım çok olacağından verilerin kopyalarının tutulduğu düğüm sayısı da fazla olacak ve ağ yapısı daha güvenilir hale gelecektir **(Ataşen, 2019, s. 5).**

Katılımcı sayısı arttıkça defter kayıtlarının tutulduğu ağ sayısının da artması sayesinde veri bütünlüğü ve kayıtların değişmezliği ve sistemin genel güvenliği de ağdaki bütün düğümlerce garanti altına alınmaktadır. Ancak düğüm sayısının artması işlem doğrulanmasında harcanacak süreyi uzatmakta ve mutabakat sürecini yavaşlatmaktadır. Her bir işlemi doğrulamak için gereken elektrik gücü devasadır ve ağa eklene her düğüm ile artmaktadır. En büyük örneği Bitcoin olan bu ağ tipinde katılımcıları dürüst davranmaya teşvik etmek için insanların bir çıkarı olmaktadır. Bu da örneğin Bitcoin ağında madencilerin bitcoin ile ödüllendirilerek teşvik edilmesidir **(Dinçel, 2020, s. 65).**

2.5.1.2 İzin Gerektiren Açık (Public Permissioned) Blok zincirler

İzin gerektiren blok zincirler, açık (izin gerektirmeyen) blok zincirler ile özel (private) blok zincirleri arasındaki boşluğu dolduran yeni tip bir blok zincir türüdür. Bu ağ türü özel blok zincirlerdeki izin yetkisini merkezi olmayan yönetim modeli ile harmanlayan bir ağ türüdür. Özel blok zincir ağlarının izne tabi işlemlerinin ***performans***, enerji tasarrufu gibi ***teknik***, düğümlerin kimliklerinin bilinebilmesi gibi ***uyum***, yönetim kolaylığı gibi ***operasyonel*** ve madencileri teşvik edecek kripto para ödülü gibi ***ekonomik*** faydalarını merkezi olmayan ve şeffaf yönetim modeli ile uyumlaştıran bu ağ türünde

uzlaşı algoritmasının yürütülmesi yetkisi belli ve tanınmış bazı katılımcılara verilmektedir **(Ruiz, 2020, 1–9).**

Blok zincir ağları içindeki karşılaştırılabilir temel alt yapı işlem onaylamadır yani her ağın kendine özgü bir işlem validasyon süreci vardır. Bu süreç sıkı denetim hedeflenerek izne tabi olmalı mıdır? Eğer amaç ağın sansürsüz bir şekilde çalışması ise iş ispatı için çalışan madencilerin izin almasına gerek bulunmamaktadır. Bu durumda işlemler sadece ve sadece olasılık olarak sonlanabilmektedir. Yani uzun bir olasılık süreci (madencilik süreci) gerekmektedir. Tam tersi durumda ise uzlaşı sağlayıcıların bilinmesi gerekmektedir bu sebeple izne tabi olmalılardır. Böylelikle uzlaşı süreci daha düşük olasılığa tabi olarak hızlı çıktılar üretmekte ve işlemler daha kolay bir şekilde sonlandırılabilmektedir. Corda, Sorvin ve Alastria gibi ağlar bu tür ağlara örnek gösterilebilmektedir **(Brown, 2020).**

Bu tür ağlarda ağa giriş bakımından herhangi bir kısıtlama yoktur. Katılımcıların zincirdeki verileri okumaları için izne ihtiyaçları yoktur. Ancak yeni blokları zincire ekleme konusunda ve uzlaşı mekanizmasında yer alabilmeleri için yetkilendirilmiş olmaları gerekmektedir. Bu türden ağlara bir başka örnek olan Ripple uygulamasında da ağa dâhil olan herkes verilere erişebilmekte ancak mutabakat için izin alınması gerekmektedir **(Dinçel, 2020, s. 66).**

2.5.2 Özel Blok zincir (Private Blockchain)

Özel blok zincirler insanların kolaylıkla blok zincir ağına katılamadığı, işlem geçmişini göremediği kapalı bir ekosistem olarak davranan ağlardır. Ağ bir özel kişi ve organizasyona ait olup esasen ortada izinleri kontrol eden merkezi bir otorite bulunmaktadır **(Sheth ve Dattani, 2019, s. 1).** Bu tür ağlar herkese açık olan ağlar değildir. Dolayısıyla öncelikle ağa katılım, ağı oluşturan merkeziyetçi bir yapının iznine bağlıdır. Bir organizasyon veya aynı grup içindeki alt organizasyona işlemleri okuma ve işlem yapma yetkisi verilmektedir **(Shrivas ve Yeboah, 2018, s. 3).**

Bu tür ağ yapıları bir ağdaki katılımcılara özel bir erişim sağlayan giriş kontrollerini ortaya koymuşlardır. Bu tür ağlarda herhangi bir saldırganın veya bilinmeyen oluşumların ağ yapısında veya validasyon ve blok oluşturma süreçlerinde yer almamalarının garanti edilmesi gerekmektedir. Bu ağlardaki işlemler açık blok zincir ağlarının aksine belli bir çaba sonucunda değiştirilebileceğinden sabitlik ve kesinlik (immutable) özellikleri bulunmamaktadır. Pratikte verilerin dışarı paylaşımını istemeyen, kayıtlarını içsel

paylasan şirketler ve organizasyonlar için bu ağ yapısı daha uygun düşmektedir **(Covarrubias ve Covarrubias, 2021, s. 11).** Özellikle bilgilerini kamusal alana açmaktan çekinen büyük firmalar için ve kamu hizmeti sunan devlet kurumları için özel blok zincir ağları oluşturmak, yarattığı kapalı eko sistem ve katılımcılarının kimliklerinin tespiti açısından daha güvenli bir yol sunmaktadır ve zaten sürdürmekte oldukları merkeziyetçi yapıya zarar vermemektedir.

Özel blok zincir ağları açık blok zincir ağlarının aksine her katılımcıya açık olmayan ve belli bir merkeziyetçi yapıyı barındıran blok zincir ağlarıdır. Bu ağlar, barındırdıkları uzlaşı mekanizmasına ve blok oluşturma sürecine katılım izinleri bakımından izin gerektirmeyen özel blok zincirler ve izin gerektiren özel blok zincirler olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.5.2.1 İzin Gerektirmeyen Özel (Private Permissionless) Blok zincirler

Özel blok zincirlerin karakteristik özelliği, ağın herkese değil, kabul edilmiş belli kullanıcılara açık olmasıdır. Bu ağ yapısına dâhil olabilmek ve kayıtlı verileri okuyabilmek için izin gerekir. Ancak mutabakat süreci için özel bir izne gerek yoktur. En başta ağa katılmış olan düğümler, herhangi bir izin sınırlaması olmaksızın (permissionless) uzlaşı mekanizmasına katılarak blok oluşturabilmektedir **(Dinçel, 2020, s. 67).**

Bu ağ türü, esas itibarıyla ağa katılım ve mutabakata katılım için izin şart koşulan özel (private) ağların mutabakata katılım ayağının yumuşatılması neticesinde, herkesin bu sürece katılabildiği özel bir karma alan yaratmaktadır. Örneğin bu ağ yapısının ilk tipik örneklerinden olan Holochain uygulamasında ağa katılım için onaylama (authentication) ve kimlik doğrulama (ID verification) adımları neticesinde kabul işlemleri gerçekleşmektedir. Holochain'in uzlaşı mekanizması ise, ağdaki düğümler için herhangi bir sınırlama veya izin şartı getirmeyen, rastgele seçilen herkesin katılabileceği bir uzlaşı mekanizmasıdır **(Holochain, y.y.).**

2.5.2.2 İzin Gerektiren Özel (Private Permissioned) Blok zincirler

Bu tür ağlarda hem blok zincir ağına girerek verileri okumak hem de ağın mutabakat yapısına uyarak yeni bloklar oluşturmak ve mutabakat sürecine dâhil olmak için izin alınması gerekmektedir. Bu tarz ağların amacı verilerin sadece ağa seçilen taraflara açık

olması ve veri erişimine izin verilenler arasından da sadece seçilmiş tarafları belirleyerek bunları mutabakat sürecine dâhil etmektir **(Usta ve Doğantekin, 2018, s. 34).**

Ağ yapısında, herkes mutabakat sürecinde yer almaz. Bunun yerine ağdaki belli bir organizasyon bir işlemi başlatır, doğrular ve onaylar. Ağ yapısında katılımcıların kimlikleri belli olacağı için yapacakları işlemlerden de yasal olarak sorumludurlar. Dolayısıyla teşvik edilmelerine gerek yoktur çünkü yasal yaptırımlar söz konusudur **(Dinçel, 2020, s. 67).**

2.5.3 Konsorsiyum Blok zincirler (Consortium Blockchain)

Konsorsiyum blok zincirleri blok doğrulama ve uzlaşma işlemlerinde tek bir organizasyonun yerine önceden belirlenmiş bir grup düğümün karar verici olarak yer aldığı kısmen özel ve izinli bir blok zinciri olarak tanımlanabilir. Ağın herkese açık veya sınırlandırılmış olmasına veya ağdaki düğümlerin veri okuma ve yazma işlemlerine yetkinliğine bir konsorsiyum karar verir **(Tanrıverdi ve diğerleri, 2019, s. 206).** Bu tip blok zincirler bir kişi üzerindeki yetki gücünü dağıtmaktadır. Ağ yapısı bir kişiye bu gücü vermek yerine bir konsorsiyum veya federasyon olarak tanımlanabilecek bir grup katılımcıya verilmektedir. Hyperledger, Quorum ve Corda gibi blok zincir ağları bu ağ yapısına örnek verilebilir **(Sheth ve Dattani, 2019, s. 1).**

Özel zincir ağlarıyla çok sayıda ortak yönü bulunan bu ağ yapısında tek bir merkeziyetçi yapı yerine düğümlerden oluşan ortak bir grubun oluşturduğu yapı söz konusudur. Bu platform özellikle şirketler arası işbirliği için önemli avantajlar içermektedir **(Ataşen, 2019, s. 6).**

2.5.4 Diğer Blok zincir Sınıflandırmaları

- Side Chains (Yan Zincirler)

Endekslenmiş zincirler olarak da bilinen yan zincirler (sidechains) sanal paraların bir blok zincirden diğerine hareket edebildiği zincirlerdir. Bir yönlü endekslenmiş yan zincir ve iki yönlü endekslenmiş yan zincir olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Bir yönlü yan zincir kripto paranın bir yan zincirden diğerine tek yönlü hareket edebildiği, iki yönlü yan zincirler ise kripto paranın iki yan zincir arasında iki yönlü hareket edebildiği blok zincir türüdür **(Sarmah, 2018, s. 26).**

Bir yan zincir, esas itibarıyla ana ağa paralel biçimde çalışan ayrı bir zincirdir. Kendi içinde bir uzlaşı mekanizması olabilse de sert çatallanma örneğinde olduğu gibi tamamen ana zincirden bağımsız ve kendi kuralları çerçevesinde hareket etmemektedir. Amacı, ana ağdaki yoğunluğu ve ana zincirin yükünü hafifletmektir.

- Tamamen Özel ve Mülkî (Fully Private and Proprietary) Blok zincirler

Bu tür blok zincirler herhangi bir ana akım uygulamaya (application) dâhil olmamış olan ve merkeziyetsizlik fikrinden ayrışan blok zincirlerdir. Bu tür blok zincirler, verilerin organizasyon içinde paylaşımının gerektiği ve veri gizliliğinin sağlanması gereken durumlarda kullanışlıdır. Devlet kurumları çeşitli departmanları arasında veri paylaşımı yapmak için bu blok zincir türünü kullanabilmektedir **(Sarmah, 2018, s. 26).**

- Tokenize (Tokenized) Blok zincirler

Bu blok zincirler, uzlaşı sürecindeki madencilik faaliyetleri veya başlangıçtaki dağıtımlar yolu ile kripto para üretilen standart blok zincirlerdir **(Sarmah, 2018, s. 26).**

- Tokenize Olmayan (Tokenless) Blok zincirler

Bu blok zincirler, değer transferi özelliği olmadığından gerçek anlamda blok zincirler değildir. Fakat düğümler arasında değer transferinin gerekmediği ve sadece birbirine güvenen taraflar arasında veri transferi ihtiyacının olduğu durumlarda faydalı olabilecek bir zincir türüdür **(Sarmah, 2018, s. 26).**

2.6. Blok zincir (Blockchain) Platformları

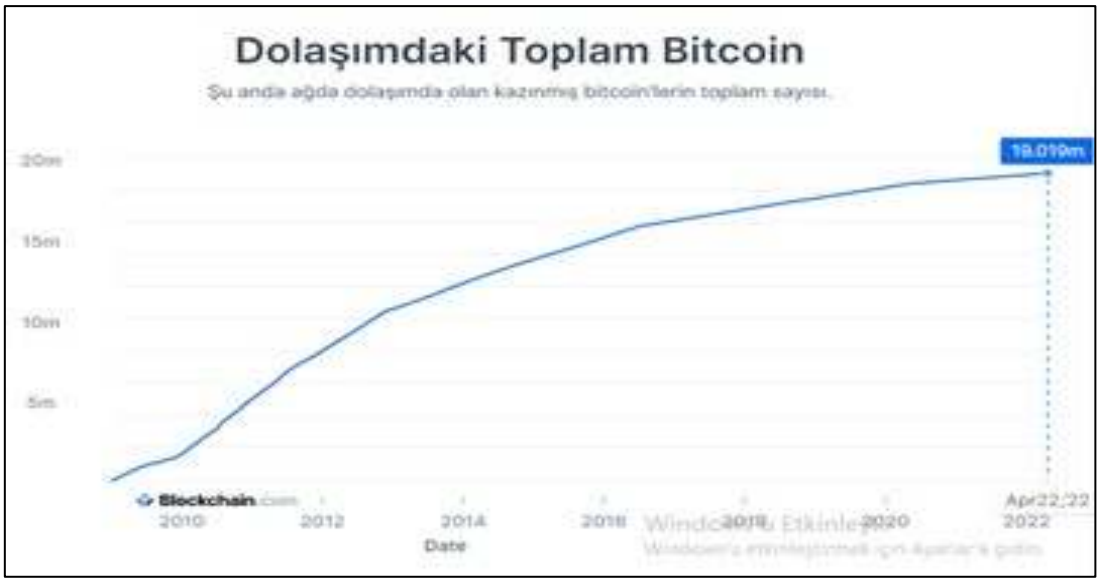
2.6.1 Bitcoin (BTC)

2009 yılında Satoshi Nakamoto takma adı ile bilinen kişi veya bir grup tarafından dünyaya tanıtılan Bitcoin, uluslararası kullanıma açılan ve işlevselliğini kanıtlayan ilk kripto para birimi ve aynı zamanda ilk blok zincir platformudur. Bitcoin açık kaynak kodlu yazılımlardan oluşur ve dizüstü bilgisayarı, akıllı cep telefonları gibi geniş bir yelpazedeki işlemcilerde çalışırlar. Para transferleri, geleneksel bankacılıktaki hesap numarasına benzetilebilecek, rakam ve harflerden oluşan kişisel bilgileri içermeyen Bitcoin cüzdan adresleri üzerinden gerçekleşmektedir. Kullanıcılar bu cüzdan programlarından herhangi birisini yükleyerek işlemlere hemen başlayabilmektedir. Bu cüzdanlar sahip olunan bitcoinleri saklayan ve işlem yapılmasını sağlayan programlardır **(Çarkacıoğlu, 2016, 11–12).**

Bitcoin, tamamıyla dağıtık ve eşten eşe bir sistemdir. Bu sebeple merkezi bir sunucusu veya kontrol noktası bulunmamaktadır. Bitcoinler, madencilik işlemi neticesinde üretilmektedir. Bitcoin ağındaki her bir katılımcı bilgisayarlarındaki işlemi gücünü zor problemleri çözmek için kullanarak madenci olarak faaliyet gösterebilir. Madenciler ortalama her 10 dakikada bir buldukları çözümler ile işlem havuzunda bekleyen ve ortalama 10 dakikada biriken işlemleri onaylayarak yeni bitcoinler ile ödüllendirilirler **(Antonopoulos, 2014, 1–2).**

Bitcoin blok zinciri, işlemlerin onaylanması ve zincire eklenmesi için PoW algoritmasını kullanmaktadır. Bu algoritmada madenciler, işlem havuzunda bekleyen işlemleri onaylamak ve zincire eklemek için belirlenmiş zorluktaki problemleri çözmek zorundadır. Bu ise madencilerin zaman içinde hatırı sayılır bir işlem gücü gerektiren bilgisayar donanımlarına sahip olmalarını gerektirmektedir. Böylelikle madencilerin zincire eklediği her blok başına zincirin para birimi olan BTC alarak ödüllendirildikleri bir teşvik mekanizması söz konusudur.

Bu sebeple Bitcoin protokolü ağdaki madencilik fonksiyonunu regüle eden yerleşik algoritmalar içermektedir. Madencilerin çözmek zorunda oldukları problemin zorluğu, aynı problem üzerinde herhangi bir zamanda çalışmakta olan madenci sayısından bağımsız olarak, ortalama her 10 dakikada bir çözüm üretilecek şekilde dinamik olarak ayarlanmaktadır. Bitcoin blok zincirinde yaratılabilecek toplam para (BTC) arzı 21 milyon coin olarak tasarlanmıştır. Dolayısıyla madencilerin bu zincirde faaliyetleri sonucu yaratacakları toplam bitcoin 21 milyon adet ile sınırlandırılmıştır ve tahmini olarak 21 milyonluk bu tavana 2140 yılında ulaşılması beklenmektedir **(Antonopoulos, 2014, s. 2).** 22.04.2022 tarihi itibarıyla sistemde yaratılmış olan toplam bitcoin arzı ise 19 milyona ulaşmıştır.



Şekil 10. Dolaşımdaki toplam bitcoin bilgisi

Kaynak: (Blockchain.com, y.y.) (https://www.blockchain.com/explorer/charts/total-bitcoins adresinden 23.04.2022 tarihinde erişildi)

Toplam arz sınırlı olduğu için Bitcoin protokolü madencilerin ödül olarak alabileceği BTC miktarını her 4 senede bir yarılamaktadır. Halving olarak tanımlanan bu süreçler neticesinde madencilerin alabilecekleri ödül miktarı da azalmaktadır. 2009 yılında 50 BTC ile başlayan bu ödül miktarı bakımından ilk yarılanma 28 Kasım 2012 tarihinde gerçekleşmiş ve 25 BTC'ye düşmüştür. İkinci yarılanma ise 9 Temmuz 2016 tarihinde gerçekleşmiş ve 12,5 BTC'ye düşmüştür. Üçüncü yarılanma ise 11 Mayıs 2020'de 630.000'inci blok bulunarak gerçekleşmiş ve 6,25 BTC'ye düşmüştür **(Fintech İstanbul, 2020).** Bitcoin ağında toplam yapılabilecek halving sayısı 32'dir. Bu sayıya ulaşıldığında başka yarılanma yapılamayacaktır ve maksimum arza erişildiği için daha fazla yeni Bitcoin yaratılamayacaktır. Ortalama olarak 210.000 blokta bir gerçekleştirilen yarılanma işleminin beklendiği tarihler ise aşağıda görüleceği üzere 2024 ve 2028 yıllarıdır. 22.04.2022 tarihi itibarıyla ağdaki toplam blok yüksekliği 733.166 olup yarılanmaya kalan blok sayısı 106.834 bloktur **(Binance Academy, 2022).**

Tablo 3.

Bitcoin Blok Yarılanması

Halving	Tahmini Tarih	Blok Yüksekliği	Blok Ödülü (BTC)
0	N/A	0	50
1	28/11/2012	210.000	25
2	09/07/2016	420.000	12.5
3	2020	630.000	6.25
4	2024	840.000	3.125
5	2028	1.050.000	1.5625

Kaynak: (Binance Academy, 2022)

Pek çok para birimine çevrilebilmekte olan bitcoin, BTC, XBT ve U+20BF simgeleri ile bilinmektedir. 12 Kasım 2021 tarihinde 64.400$'a ulaşan bir BTC, 2022 yılının Nisan ayında 40.000$ seviyelerindedir. Dolayısıyla, düğümler arasındaki para transferinin gerçekleşmesi adına 1 BTC daha küçük birimlere bölünmektedir. Bitcoinin kuruş kısmını tanımlamak için kullanılan birimler en küçük birim olan 1 Satoshi (0.000000001 BTC), 1 Mikro Bitcoin (0.000001 BTC), 1 Mili Bitcoin (0.001 BTC) ve 1 Bitcoin sent (0.01 Bitcoin) şeklindedir **(Çakmak, 2019, s. 20).**

Bitcoin ağında para gönderme işlemi esasen cüzdanlar arasında gerçekleşen para transferidir. Bu sebeple Bitcoin dünyasına adım atabilmek için bilgisayar, tablet ve cep telefonları için uygun yazılımları olan pek çok cüzdan uygulaması mevcuttur. Bu yazılımlar yüklendiğinde, kullanıcılara özel gizli anahtar, açık anahtar ve Bitcoin adresi üretirler. Cüzdanlardaki güvenlik gizli anahtarla sağlanır. Yani sahip olunan Bitcoinleri harcayabilmek için gizli anahtara ihtiyaç vardır **(Çarkacıoğlu, 2016, s. 28).**

Cüzdanlar internet tabanlı çevrim içi uygulaması olan sıcak cüzdanlar ve USB veya herhangi bir depolama alanında özel anahtar şifresi ile (çevrim içi olmayacak şekilde) tutulan soğuk cüzdanlar olmak üzere iki çeşittir. Belli bir cüzdana para gönderme esasen tüm sisteme para gönderme işlemidir. Cüzdanların blok zincir ağındaki herhangi bir başka cüzdana (adrese) gönderecekleri para transferi için ağa yayınlayacakları mesajda paranın hangi adresten geldiği, meblağı ve hangi adrese gideceği şeklinde üç adet bilgi yer almaktadır. Transfer işlemine ilişkin bu mesaj kullanıcının özel anahtarı ile imzalanır ve ağa yayımlanır. Madenciler, işlem havuzuna düşen bu transfer mesajını onaylayarak ağda kalıcı olarak herkesçe görülecek bloğu oluştururlar **(Akiz, 2019, s. 28).**

Cüzdan veya adres oluşturulduktan sonra kripto para transferi ise dünyada pek çok örneği bulunan kripto para borsaları üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Bu borsalarda oluşturulacak hesaplara, gerçek banka hesaplarındaki paraların transferi suretiyle cüzdanlara bitcoin bakiyeleri yüklenebilmektedir. Cüzdana yüklenen bu bakiyeler ile de, gönderilmek istenen adreslere kripto para transferi gerçekleşebilmektedir. Cüzdan oluşturma bitcoin ağının aktif bir kullanıcısı olma anlamına gelmemektedir. Cüzdanlar bir para transferi ile temas ettiğinde yani hesaba para geldiğinde veya hesaptan para gönderildiğinde artık ağda yer alan çok sayıdaki bilinen adres kümesinin bir parçası olurlar. Gerçekleşen transferler onaylandıktan sonra halka açık olan deftere (blok zincire) kaydolunur ve dileyen herkes adres bilgisini girerek yaptıkları işlemleri görebilirler **(Antonopoulos, 2014, 9–13).** Bitcoinde oluşturulan zincirler halka açık (public ledger) bir defter kaydı olduğu için, linkte yer alan bir kullanıcının adres defteri örneğinde olduğu gibi, herkes cüzdanındaki hareketleri izleyebilmektedir (Örnek bir Bitcoin hesap cüzdanı https://www.blockchain.com/explorer/addresses/btc/1Cdid9KFAaatwczBwBttQcwXYCpvK8h7FK).Her bir adres özelinde yapılan bu sorgulamalar, bir blok için veya zincirdeki tüm bloklar için de yapılabilmektedir.

2.6.2 Ethereum (ETH)

Blok zincir 1.0, Nakamoto'nun kavramsallaştırdığı ilk kripto para olan Bitcoin'nin temelini oluşturmaktaydı. Kripto paranın ötesinde, blok zincir endüstrisinde ikinci büyük aşama olan Blok zincir 2.0, 2015 yılında akıllı kontrat kavramını sunmuş ve ikinci açık blok zincir olan Ethereum ortaya çıkmıştır. Ethereum blok zincir uygulamalarının kapsamını işlem ve piyasaların merkeziyetsizleştirilmesine olanak sağlayacak şekilde geliştirmiştir **(R. Yang ve diğerleri, 2020, s. 3).**

Ethereum, tıpkı Bitcoin uygulamasında olduğu gibi açık kaynak platformuna dayanılarak oluşturulmuş bir blok zincirdir. Bu blok zincir platformunda, kendiliğinden uygulanan ve yürürlüğe giren "akıllı sözleşmeler" arka platformda sürekli olarak çalıştığından ve kesintiye uğramadığından süreklilik arz eden bir blok zinciri özelliği bulunmaktadır **(Çetiner, 2020, s. 9).**

Ethereum ağının yaratıcı fikri 2014 yılında Vitalin Buterin tarafından yayımlanan bir tanıtım yazısı (White paper) ile ortaya atılmıştır. İlgili dokümanda Bitcoin' in teknolojik kavramlarından yararlanarak blok zincir kavramını sadece para transferi ile sınırlı olmaksızın kullanılabileceği ikinci bir aşamaya taşıma fikri paylaşılmıştır. Bitcoin'

in yayımlanmasından sonra ilgilenilen konulardan biri de para transferinin yanında dijital varlıkların önceden belirlenmiş kurallar çerçevesinde otomatik olarak hareket edebileceği sistemlerin geliştirilmesidir. Bu sistemin mantıksal alt yapısı Merkezi olmayan otonom organizasyonlar (DAOs) olarak tanımlanabilecek ve varlıklarla birlikte tüm organizasyonun yönetim kodlarını içeren akıllı sözleşmelerdir. Bu çerçevede Ethereum'un amaçladığı mantık, her türlü hesaplamayı yapabilen (Turing-Complete) yerleşik programlama dilleri vasıtasıyla eklenebilecek yazılımsal kodlarla akıllı sözleşmelerin yaratılması ve kullanıcılar için yukarıda bahsedilen sistemlerin geliştirilmesidir **(Buterin, 2014, s. 1).**

Bitcoin, merkezi olmayan bir ağ yapısı üzerinde para transferinin mümkün kılındığı, zincire eklenmiş işlemlerin değiştirilemediği, bozulamadığı ve herkesçe takip edilebilecek bir kayıt sistemi geliştirmiştir. Ethereum'un getirdiği yenilik ise para transferinin yanında, akıllı sözleşmelere de yer vermesidir. Ethereum, dağıtılmış bir ağ yapısı üzerindeki bilgisayarlara akıllı sözleşmelerdeki kodların çalıştırılması imkânı veren bir uygulama geliştirmiştir. Dolayısıyla test sürecinden geçmiş ve Ethereum ana ağına entegre edilmiş bir akıllı sözleşme uygulamasını içeren yazılımlar üzerinde dış bir müdahale ve oynama yapılamamaktadır.

Ethereum ağ yapısında Ethereum Virtual Machine (EVM) denilen bir sanal makine çalıştırılmaktadır. Bu makine, Turing bütünlüğü (Turing complete) özelliği sebebiyle yaygın programlama dillerinin (JavaScript, Solidity, Viper, Serpent, C++, Python gibi) kullanımına uygundur. Bu programlama dilleri ile yaratılmış olan akıllı sözleşmeler deneme ağlarındaki testleri geçtikten sonra Ethereum ana ağında çalıştırılabilmektedir. Hesaplanabilir her şeyin çalıştırılabilmesini ifade eden Turing bütünlüğü özelliği nedeniyle teorik olarak gözlemlediğimiz her şey Ethereum içerisinde bir program olarak hazırlanabilmektedir **(Usta ve Doğantekin, 2018, 68–69).**

Ethereum 'da işlem geçmişleri bloklar içinde tutulur. Her bir blok, kendinden önce gelen bir ana bloğa (parent block) bağlı olacak şekilde sıralanmış ve her bir işlem de bir bloğun içinde sıralanmış durumdadır. Ethereum, tıpkı Bitcoin' de olduğu gibi uzlaşı mekanizması sonucunda blokların oluşturulduğu bir zincire sahiptir. Ethereum'un ana ağında kullanılan uzlaşı mekanizması PoW algoritmasıdır. Madenci düğümler hatırı sayılı miktarda enerji, zaman ve işlem gücü harcayarak ağa sunmak istedikleri bir blok için geçerlilik sertifikası üretirler. Madencilerin bu geçerli blok sertifikalarını üretebilecekleri süre yüksek değişkenliğe sahip rastsal sürelerdir. Bu rastsallık, aynı anda iki madencinin aynı blok ikin eş zamanlı onaylama yapmasını olanaksız kılmaktadır. Bu sebeple bir

madenci bir geçerli bloğu üretip ağa yayımladığında, bu bloğun ağ tarafından meşru bir blok olarak kabul edileceğinden neredeyse tamamen emindir **(Ethereum, 2022a).**

Bitcoinde ortalama olarak 10 dakika süren ağa blok ekleme işlemi Ethereum 'da ortalama 12-14 saniyeye inmiştir. Ethereum protokolü her bir bloğun oluşturulması için bir beklenen süre (expected time) belirlemiştir. Eğer ortalama blok oluşturma süresi, protokolle belirlenen beklenen süreden daha düşükse madenciler için zorluk seviyesi yükseltilir, tam tersi durumda da düşürülür. Madenciler, ağa yayımlanan işlemleri bu algoritma neticesinde bulacakları çözüme göre zincire ekleme hakkına sahip olacaklar ve bunun için "gas" adı verilen bir ödüllendirme ödemesi alacaklardır. Blok büyüklüğü de yine gas denen bu birimle sınırlandırılmış olup bir blok için hedeflenen büyüklük 15 milyon gas'dır. Fakat ağın talep durumuna göre blok büyüklüğü bu hedeflenen gas miktarından fazla veya az da olabilir ancak en fazla 30 milyon gas ile sınırlandırılmıştır. Bir blok içinde madenciliğe harcanan gas limiti, bu hedef gas limitlerinden az olmak zorundadır **(Ethereum, 2022a)**. Dolayısıyla bir blokta yer alabilecek işlemler, o bloğun hedef gas limitini aşamayacak, bu da madenciliğin sınırını ve blok büyüklüğünü belirleyecektir.

Ethereum'da "gas" kavramı, Ethereum ağındaki belli işlemleri yürütmek için gerekli olan işlemsel çabaları ölçen bir birim olarak tanıtılmıştır. "Gas", bir işlemi Ethereum ağında gerçekleştirmek için gerekli olan ücrettir. Gas ücretleri, Ethereum'un yerel para birimi olan ether (ETH) üzerinden ödenmekte olup gwei(0.000000001 ETH) olarak ifade edilmektedir. Yapılmak istenen her işlemin bir gas limiti vardır. Gas limiti, bir işlem üzerinde harcanmak istenen maksimum gas miktarını ifade etmektedir. Ethereum ağında basit para transferleri için daha düşük gas limitleri belirlenmişken, çok daha fazla işlemsel çaba gerektiren akıllı sözleşme işlemleri için daha yüksek gas limiti belirlenmektedir. Çünkü akıllı sözleşme işlemleri bir blokta daha hacimli yer kaplamakta olup, bir bloğun hedef gas limitine daha çok talep duymaktadırlar **(Smith, 2022).**

Ethereum protokolünde, 5 Ağustos 2021 tarihinde gerçekleştirilen ve "London Upgrade" olarak bilinen güncelleştirme ile işlem ücretleri madencilere ödenen "gas fee" hesaplaması her bir işlemin taban ücreti olan "base fee" ile "priority fee" denilen öncelik ücretleri toplamından oluşacak şekilde yeniden düzenlenmiştir. Base fee denilen taban fiyatlar her bir bloğun rezerv fiyatıdır. Bir işlem bir blokta yer almak istiyorsa öncelikli olarak o işlem için önerilecek gas ücreti, en azından o blok için belirlenen taban ücreti (base fee) kadar olmalıdır. Blok taban ücreti (base fee) bir blok oluşturulmadan önce kendinden önceki blokların büyüklüğüne ve o blok için hedeflenen blok büyüklüğüne göre

belirlenir. Bloğun mevcut büyüklüğü hedeflenen blok büyüklüğünü aşmış ise, Ethereum protokolü taban ücretleri ilave her blok için %12,5 arttırmaktadır. Bir blok kazıldığında, taban ücreti (base fee) yakılmaktadır **(Smith, 2022).**

Prioritiy fee olarak tanıtılan ücretler ise madencilere verilecek bir nevi bahşiş olarak değerlendirilmektedir. Londra güncellemesinden önce madenciler içinde boş işlemler de olan bloklar dâhil her onaylama işlemi için gas fee almaktaydı. Bu güncelleme ile madencilere içinde işlem içeren bloklar (boş olmayan bloklar) için bahşiş niteliğinde ödeme almaları teşvik edilmiş ve boş blok onaylamanın önüne geçilmiştir. İşlemi gerçekleştiren kullanıcılar tarafından ödenecek bahşiş (priority fee) arttıkça blok içinde o işlemin diğer işlemlerin önüne geçme olasılığı da artacaktır. Dolayısıyla Londra güncellemesi neticesinde toplam işlem ücretleri her bir işlem için sistemin belirlediği gas limiti ile taban ücreti (base fee) ve bahşiş (priority fee veya tip) toplamının çarpımı sonucu aşağıdaki gibi belirlenecektir **(Smith, 2022).**

İşlem Ücreti= Gas Unıts (Limit) * (Base fee + Tip)

PoW algoritması ile madencilerin elde edebileceği kazançlara yukarıda değinilmiştir. Ethereum, ilerleyen yıllarda Pow algoritması yerine PoS algoritmasına geçmeyi planlamaktadır. Esasen PoS algoritmasının alt yapısı Ethereum'un ana ağından bağımsız olarak Beacon Chain denilen bir blok zincir üzerinden test edilmektedir. Yakın zamanda bu ağın Ethereum ana ağı ile birleştirilmesi (merge) planlanmaktadır.

Ethereum, akıllı kontratlara imkân veren bir ağ yapısıdır. Testlerini tamamlayan akıllı sözleşme yazılımları veya yaratılan kripto paralar ana ağa entegre edilmektedir. Ethereum'un ana ağının yanında bu yazılımların test edildiği ve "TestNet" olarak bilinen ağlar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri Rinkeby, Kovan, Ropsten ve Goerli'dir. Bu testnetler, gerçek anlamda gas fee denilen ücretleri ödemeden herhangi bir değeri olmayan deneysel kripto paralar üzerinden belirlenecek bedava gas ücretleri ile akıllı sözleşmelerin yazılımsal durumlarının ve sisteme entegre edilebilirliklerinin denendiği platformlardır **(Ethereum, 2022b).**

2.6.3 Hyperledger

Hyperledger, sektörler arası blok zinciri teknolojilerini geliştirmek için yaratılan açık kaynaklı bir iş birliği çabasıdır. Projenin amacı sektör kullanıcılarının piyasa

şartlarına göre oluşturacakları uygulama ve platformları yürütebilecekleri blok zincir mantığında bir dağıtık defter yaratmaktır **(Mete, 2019, s. 22).**

2015 yılında Linux Vakfi tarafından duyurulan bu proje bir kripto para alım-satım projesi olmayıp kurumlara ve iş dünyasına dağıtık ağ sistemlerinin alt yapısının kurulması amacını taşımaktadır. Bu sebeple Hyperledger'ın kendine ait bir para birimi bulunmamaktadır. Bu platforma ihtiyaç duyanlar için gizlilik önemlidir bu sebeple açık (public) bir blok zincir ağı değil özel (private) blok zincir ağ yapısına sahiptir. Kurumların farklı ihtiyaçları olabileceği için bu projenin tek bir standart blok zinciri bulunmamaktadır. Hyperledger Fabric, Hyperledger Burrow, Hyperledger Besu, Hyperledger Indy, Hyperledger Iroha ve Hyperledger Sawtooh gibi uygulamaları bulunmaktadır. En çok kullanılan uygulaması modüler yapısı ile Hyperledger Fabric'tir **(Dinçel, 2020, s. 73).**

Hyperledger Fabric, özel ve izin gerektiren (private permissioned) modüler bir blok zincir platformudur. Bu nedenle açık blok zincirlerden farklı olarak Hyperledger Fabric'te tüm düğümlerin kimliği bilinmektedir. Bu düğümlerin görevleri sistemde üç şekilde kategorize edilmektedir.

- Müşteriler (Clients): İşlem tekliflerini sunmak ve bu işlemleri sıralama (ordering) servisine göndermek

- Eşler (Peers): İşlem tekliflerini icra etmek, işlemleri onaylamak (validation) ve blok zincirin devamlılığını sağlamak

- Sıralayıcılar (Orderers): Müşterilerden işlem tekliflerini almak ve işlemlerin nihai sıralamasını gerçekleştirmek **(R. Yang ve diğerleri, 2020, s. 3).**

Hyperledger'ın getirmiş olduğu yenilik, önceki blok zincir sistemlerinde uygulanan sırala-yürüt mimarisi (order-execute) yerine yürüt-sırala-onayla (execute-order-validate) mimarisinin getirilmesidir. Önceki mimaride (order-execute) blok zincir ağı, öncelikle işlemleri uzlaşı protokolü kullanarak sıralamakta ve sonrasında bu işlemleri aynı sırada sırasıyla yürütmektedir. Hyperledger'ın sunduğu yeni mimaride (execute-order-validate) ise müşterilerin (clients) seçilmiş eşlere (endorser peers) sunduğu iş teklifleri öncelikle akıllı sözleşme üzerinde yürütülmekte (execute) ve çıktılar kaydedilmektedir. Esasen bu işlem, iş tekliflerinin Hyperledger zincirine tanımlanan akıllı sözleşmeler (chaincodes) üzerinde test edildiği bir simülasyon işlemidir. Onaylayıcı eşler (endorsers), teklifi tanımlanmış yazılım üzerinde simüle ederler. Yazılım, Blok zincir ağındaki ana onaylama süreci ile ilişkilendirmeksizin ayrı bir bölümde bu simülasyonu yürütmektedir. Simülasyon işleminden sonra onaylayıcı eşler ön onay dokümanını (endorsement) müşterilere geri gönderirler. Müşteriler, onaylayıcı eşlerden gelen bu yürütme sonuçlarının

aynı olduğunu kontrol ettikten sonra işlemleri yaratırlar ve sıralama servisine gönderirler. Sıralama servisi, durum güncellemelerini otomatik olarak nihai onaylayıcı eşlere yayımlarlar ve sıralandırmış oldukları işlemleri üzerinde uzlaşıları tesis ederler. Böylece, işlemler sıralanmış ve bloklar nihai olarak onaylanmak üzere hazırlanmış olmaktadır. Nihai onaylama ise blok zincir ağına yazılımsal olarak entegre edilmiş olan onaylama sistemi zincir kodları (validation system chaincode) ile yapılmaktadır **(Androulaki ve diğerleri, 2018, 1–6).**

Hyperledger fabric, yukarıda örneklendirildiği üzere modüler bir sistem ortaya çıkarmaktadır. Bu modüler yapı, farklı türdeki işletmelere ve hatta farklı türdeki devlet kurumlarına ihtiyaçları olan blok zincir ağının yaratılmasına imkân sağlamaktadır. Sistem, tek bir uzlaşı mekanizmasını zorunlu kılan hard-coded uzlaşı mekanizmalarına bağlı olmadığında farklı ihtiyaçları karşılayabilecek farklı uzlaşı mekanizmalarını teşvik etmektedir. Bu sebeple, veri güvenliğine ve gizliliğe dikkat eden kamu kurumları ve firmalar için sistemin esnek yapısı, uygulama kolaylığı, kripto para ticareti temelli olmaması ve özellikle ağa katılacak düğümlerin kimlik zorunluluğu bu yeni nesil blok zincir ağını popüler hale getirmektedir.

2.6.4 Ripple

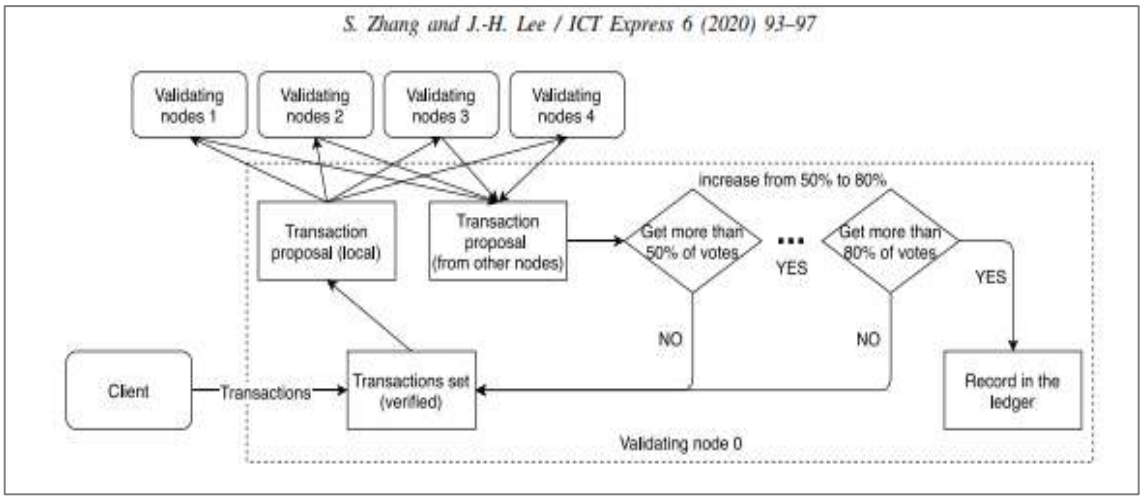
Bankacılık sistemi ve diğer finansal kuruluşları hedef alan Ripple ağı gerçek zamanlı para transferi ve bir ödeme platformudur. Kendine özgü Interledger Protokol (ILP) denen bir uzlaşı mekanizması bulunan bu blok zincir platformu, gerçekleşen işlemler sonucunda saniyeler içinde mutabakat sağlayabilmektedir. Kendine özgü XRP kirpto bara birimi yanında her türlü para birimi ve hatta yolcu mil puanları ile de işlem yapabilmektedir. Özel bir ağ yapısına sahip olduğu için kullanıcılar güvendikleri kullanıcıları ve işlem bilgilerini tanımlamak zorundadır. Ağ, iki kullanıcı arasında merkeziyetsiz güvenli bir iletişim kanalı kurmaya çalışır. Doğrudan bir kanal kurulamaması durumunda güvenilen diğer kullanıcılar üzerinden iletişim kanalları denenir. Güven kanalının tesisinden sonra işlemler bölünemez bir şekilde yani atomik işlem bütünlüğü ile gerçekleştirilir ve parçalı bir gerçekleşme durumu olmaz **(Usta ve Doğantekin, 2018, 72–73).**

Ripple, Uluslararası para transferinde kullanılan SWIFT sisteminin zayıf yönlerini hedef alarak geliştirilmiş bir projedir. Bu zayıf yönler, Swift sisteminin ülkeler ve bölgeler nezdinde katmanlaşmış hiyerarşik yapısının olması ve bu hiyerarşik yapı nedeniyle para transferinin bazen 3-5 günü bulabilmesi ve anlamsız operasyonel ücret ödemeleri gibi

hususlardır. Ripple, gönderilmek istenen meblağ ile buna ilişkin transfer verisini eş zamanlı gerçekleştiren bir uygulama geliştirmiştir. Yani swift sistemindeki gibi önce mesaj iletimi sonra para gönderimi şeklindeki ikili ayrım Ripple'ın merkezi olmayan eşten eşe ağı sayesinde eş zamanlı hale gelmektedir **(Qiu, Zhang ve Gao, 2019, 431–432).**

Ripple sisteminin haberciler (messengers), protokol (ILP), kambiyo kontrolcüsü (FX Ticker) ve onaylayıcılar (validators) olmak üzere dört ana bileşeni bulunmaktadır. Haberciler Ripple ağı (RippleNet) üzerinde gönderici banka ve alıcı bankayı iki yönlü mesaj iletimi ile birbirine bağlayarak bilgi alış verişini mümkün kılarlar. Böylelikle gönderici banka işlem ile ilgili döviz kuru, ödeme detayları ve tüm masraflar gibi riskli detaylar ve hatta tahmini işlem süresi hakkında bilgi sahibi olabilmektedir. ILP protokolü, işlemin her iki tarafı olan bankalar arasındaki alacak, verecek ve likidite durumlarını izleyen bir yan defter olarak işlev görmektedir. Bu protokol, anlaşmanın hemen ve otomatik olarak gerçekleştiğini yani transfer işleminin milisaniyeler içinde başarılı olup olmadığını garanti altına almaktadır. Kambiyo kontrolcüsü, teklif edilen döviz kurunun doğruluğunu kontrol eder. Bu kontrolden sonra gönderici banka, göndermek istediği meblağı onaylanmış yerel döviz kuru üzerinden XRP kripto parasına çevirerek RippleNet üzerinden alıcı bankaya gönderir. Alıcı banka da XRP cinsinden gelen parayı daha sonra yerel para birimine çevirmektedir. Onaylayıcılar da kriptografik olarak para transfer işleminin alıcı bankada başarılı olup olmadığını gösterirler **(Qiu ve diğerleri, 2019, s. 433).**

Ripple, açık kaynaklı bir ödeme platformudur. Ripple'de uzlaşma işlemi, her birinin elinde UNL (Unique Node List) denen güvenilir düğümler listesi olan ***onaylayıcı düğümlerce*** (validator) gerçekleşmektedir. UNL listesindeki düğümler, güvendikleri işlemleri oylarlar (voting). Her bir onaylayıcı düğüm, elindeki işlem setini diğer onaylayıcı düğümlere teklif olarak sunarlar. UNL listesindeki oylayıcı düğümlerden gelen işlem teklifini alan onaylayıcı düğümler, her bir işlemi kontrol ederler. Teklifteki işlem eğer yerel işlem setinde aynen yer alıyorsa, bir oy alır. Söz konusu işlem %50 oya ulaştığında bir sonraki adıma geçilir. Bir sonraki adımda aynı işlemler bu sefer eşik %80'e çıkarılarak gerçekleşir. Eğer %80'in üzerinde bir oy alınmışsa işlemler nihayetinde deftere kaydedilir. Bu sebeple Ripple tam kesinlik (absolute-finality) uzlaşı protokolüdür **(Zhang ve Lee, 2020, s. 95).**



Şekil 11. Ripple işlem süreci

Kaynak: (Zhang ve Lee, 2020, s. 96)

Ripple, ödeme sistemleri üzerinde faaliyet gösteren bir proje olduğundan, RippleNet ağı üzerinde birçok finansal kuruluş faaliyet göstermektedir. Bunlar arasında American Express, Bank of America, MoneyGram, PNC, Sandanter gibi önemli finansal kuruluşlar bulunmaktadır. Türkiye'den Akbank ve QNB Finansbank, Ripple sistemine entegre olan bankalardır.

2.6.5 Corda

R3 firması tarafından öne sürülen Corda projesi, işletmeler arasındaki yasal sözleşmeleri kaydeden, yöneten, otomatikleştiren ve finansal piyasalardaki uygulamalara çözümler sunmak için geliştirilen bir platformdur. Bu ağ yapısında veriler sadece sözleşmeye taraf olan ve hukuken sözleşme bilgilerine erişmesinde sakınca bulunmayan taraflarca görülebilmektedir. Sözleşme ile ilgisi olmayan diğer ağ katılımcılarının ilgili sözleşme verilerine erişim hakkı bulunmamaktadır. Mutabakat yapısı sistem genelinde değil, işlem seviyesindedir **(Usta ve Doğantekin, 2018, 73–74).**

Açık kaynak yazılımı kullanan bu platform, herhangi bir organizasyon veya bireylerin birbirleri ile doğrudan işlem yapmasına imkân sağlayan bir ağdır. Platformun mimarisi, gerçek hayattaki işlemlerin hukuki bağlayıcılık çerçevesinde modellenmesi ve otomatikleştirilmesi ve bunların çeşitli aplikasyonlar üzerinden yürütülmesi üzerine şekillenmektedir. İzinsiz blok zincir platformlarının aksine, Corda platformu teşhis edilebilir katılımcılar arasındaki işlemlerin gizlilik ve hukuki kesinlik çerçevesinde

gerçekleşmesini sağlamaktadır. Corda'nın çözmeye çalıştığı problem, bir birlerine ticaret yapmaya yetecek güveni sağlayan ancak karşı tarafa tüm kayıtları tutması konusunda güvenemeyen taraflar arasındaki sözleşme ve anlaşmaları yönetmektir. Gerçek hayatta firmalar arasındaki işlemler ikili bir şekilde her firmanın kendi kayıtlarında izlenmektedir. Aynı işlemin iki farklı firma gözündeki farklılaşmasının yaratabileceği kaynak riskini gidermek platformun gözlediği hedefler arasındadır. Yetkili bir sistem içinde kayıtların firmalar arasında güvenle paylaşılması olasılığı, her firmanın işlem kümesinin de ortak bir şekilde yönetilmesine imkân verebilecektir. Böylece sistem *"benim gördüğüm senin gördüğündür"* garantisini sağlayacaktır **(Brown, 2018, 3–4).**

Corda platformunda uzlaşı mekanizması işleme taraf olanlarca akıllı kontrat kodlarına göre yerine getirilmektedir. Uzlaşı mekanizmasının işlem geçerliliği (transaction validity) ve işlem tekilliği (transaction uniqueness) olarak iki bileşeni bulunmaktadır. İşlem geçerliliğinde, taraflar önerilen işlemin çıktı durumunu işleme eşlik eden sözleşme yazılım kodunun kontrolü neticesinde geçerli olarak tanımlamaktadır. İşlem tekilliğinde, taraflar sorgulanan işlem ile ilgili daha önceden uzlaşıya varılmış olup olmadığını kontrol etmektedirler. Taraflar, bir işlemin geçerliliğine aynı kontrat yazılımını birbirinden bağımsız olarak çalıştırarak karar verirler. Aynı anda iki geçerli işlemin varlığı muhtemel olabilmektedir. Bu durumda tarafların hangi işlemin sıralamada öncelikli olacağına karar vermesi gerekmektedir. Böyle bir durumun çözümünde noter havuzu (notary pool) denilen önceden kararlaştırılmış gözlemciler kullanılmaktadır. Noter havuzları, işlemin tekilliği ve zaman damgası hizmeti sunarak bu tür işlemleri sıraya koyarlar anlaşmazlığı çözerler **(Brown, 2018, 8–9).**

Corda finansal kurumlar temelinde çözüm üreten bir platformdur. HSBC, Moody's, Commerzbank gibi büyük finansal kuruluşların üye olduğu bu platforma Türkiye'de ilk kez İş Bankası 30 Mart 2020 tarihinde üye olmuştur. 27 Mayıs 2020 tarihinde İş Bankası, Şişecam, Kurara Europe GmbH ve Commerzbank arasında Corda teknolojisi kullanılarak Marco Polo ağı üzerinden gerçekleşen işlemde dış ticaret finansmanında ödeme güvencesi sağlanarak Almanya'dan Türkiye'ye ithalat işlemi gerçekleştirilmiştir **(Dinçel, 2020, s. 78).**

BÖLÜM III

BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJLARI DEZAVANTAJLARI VE KULLANIM ALANLARI

Blok zincir verilerin merkezileştiği klasik veri tabanlarının yerine, merkeziyetsiz olarak eşten eşe düğümler arasında izlenebildiği bir teknolojidir. Özellikle 2009 yılından itibaren işlevselliğini ispatlayan bu teknolojinin başta finans sektörü olmak üzere birçok sektörde uygulanabilirliği görülmüş ve bu durum, söz konusu teknolojinin uygulama alanlarının daha da yaygınlaşması için sürekli gelişim halinde bulunmasını gerekli kılmıştır.

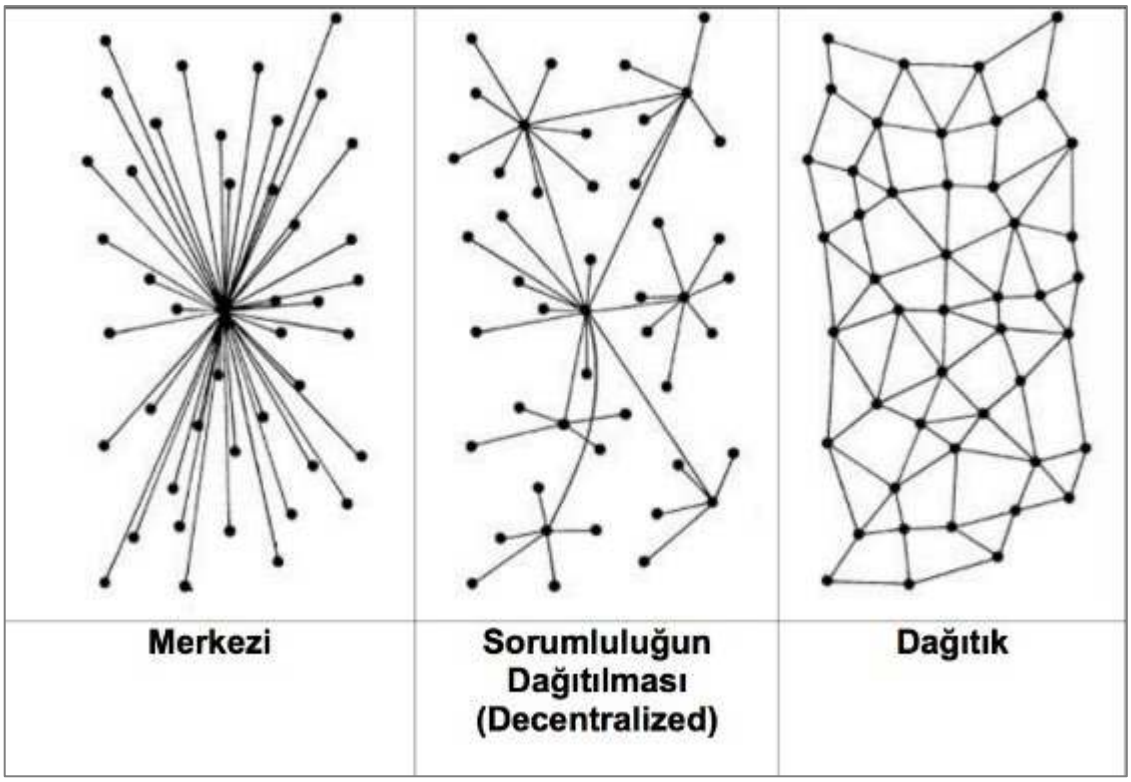
İşlevsel olarak ilk kullanılmaya başladığı Bitcoin platformu başta olmak üzere, bu teknolojinin kullanımı arttıkça bazı avantajları uygulamalar yolu ile hemen adapte edilmiştir. Ancak yine kullanımı arttıkça teknolojinin bazı problemleri ihtiva ettiği de görülmüş ve bunların üstesinden gelebilmek için yeni teknoloji ve platformlar geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu bölüm kapsamında bu teknolojinin avantaj ve dezavantajları ile kullanım alanlarına değinilecektir.

3.1. Blok zincir Teknolojisinin Avantajları

Blok zincir teknolojisinin klasik veri tabanlarındaki veri saklama yöntemlerine kıyasla getirdiği yenilik ve avantajlar değişmezlik (immutability), şeffaflık (transparency), izlenebilirlik (traceability), aracısızlaşma (disintermediation) ve etkinlik (efficiency) olarak sıralanabilmektedir.

3.1.1 Değişmezlik (Immutability)

Klasik veri tabanlarında, tarafların gerçekleştirdiği işlemler, merkezi bir organizasyonun yönettiği veri tabanında saklanmaktadır. Bu tür veri tabanları müşteri-sunucu ağ mimarisinde yapıya sahiptir. Yani seçilmiş bir merkezi otoriteye bağlı bir sunucu üzerinde veriler toplanmakta ve depolanmaktadır.



Şekil 12. Veri tabanı ağ türleri

Kaynak: (https://blokzincir.bilgem.tubitak.gov.tr/blok-zincir.html 22.05.2022 tarihinde erişildi)

Verilerin, bir otoritenin (banka gibi) tek bir merkezi kayıt sisteminde yer alması, hacker veya diğer kötü niyetli aktörlerin tüm faaliyetlerini bu verilere siber saldırı veya bu verilerin manipülasyonu gibi çabalara sevk etmektedir **(OECD, 2020, s. 8).** Bu sebeple merkezi veri tabanları siber saldırılara daha açık veri tabanları olup, kayıtlı verilerin çalınması, manipülasyonu ve değiştirilmesi riski taşımaktadır.

Blok zincir teknolojisi ile verilerin dağıtık bir defter sisteminde (DLT-Distributed Ledger) izlenmesi imkânı getirilmiştir. DLT, herhangi bir dijital veya fiziksel varlık üzerinde gerçekleşen işlemin değiştirilemez (immutable) ve gerçekliği kanıtlanabilir bir biçimde denetimini (verifiable audit) sağlamaktadır **(Natarajan, Krause ve Gradstein, 2017, s. 15).** Dolayısıyla, blok zincir teknolojisinin en önemli avantajlarından biri değişmezlik özelliği nedeniyle veri güvenliğinin sağlanabilmesidir. Bunun sağlanması neticesinde katılımcıların sisteme güveni de sağlanmaktadır.

Blok zincir ağındaki katılımcı güvenini sağlayan en önemli özellik kayıtlı verilerin değişmezliğidir. Bu da, blok zincir ağına kaydedilmiş bir verinin manipüle edilememesi ve değiştirilememesi sayesinde olmaktadır **(Hofmann, Wurster, Ron ve Böhmecke-Schwafert, 2017, s. 2).** Yani mevcut duruma ne zaman yeni bir bilgi eklenmek istenirse,

bir yeni blok yaratılmakta ve zincire eklenmektedir. Zincire bir blok eklendiğinde ve belli bir süre geçtiğinde o blok artık değiştirilemez olarak değerlendirilmekte ve silinmesi veya değiştirilmesi imkânsız olmaktadır **(Landerreche ve Stevens, 2018, s. 1).**

Verilerin tek bir merkezde toplanarak yönetimsel olarak tek bir kişi veya organizasyonun eline bırakılması, bu veriler üzerinde oynama yapılmasını, değiştirilmesini veya tamamen çalınarak yok edilmesi riskini daha yüksek kılmaktadır. Ancak tek bir merkez yerine verilerin birden çok yerde kayıt altına alınması bu riski azaltmaktadır. Özellikle blok zincir ağı gibi bir birine güvenmeyen oldukça fazla sayıda kullanıcıda bu verilerin aynı defterde tutulması bu riski çok daha fazla düşürmektedir. Bu kapsamda blok zincir ağında yer alan katılımcı sayısının artması, bu katılımcıların kendi sistemlerinde tutmuş olduğu veri kayıtlarının da artması anlamına gelmekte ve sistemi daha güvenilir ve işlemleri daha değiştirilemez kılmaktadır. Çünkü blok zincirde bloğa eklenerek onaylanan işlemler ağdaki her katılımcının (düğümün) yerel kayıtlarında depolanmakta olup bu verilerin tek bir kişinin sisteminde izlenmesinden ise binlerce ve hatta yüzbinlerce düğümün kişisel veri tabanında izlenmesi değiştirilemezlik özelliğine fayda sağlamaktadır.

Blok zincire eklenen ve içinde veriler bulunan her bir blok, ağdaki düğümlerce her bir ağın kendi uzlaşı mekanizmasına göre onaylanmış, yani üzerinde uzlaşılmış verilerdir. Yani seçilen uzlaşı mekanizmalarındaki mantığa bağlı olarak zincire eklenmiş bir bloktaki veriler artık gerçek bir veri olarak değerlendirilmektedir. Zira uzlaşma mekanizmasından geçememiş bir işlemin bir blok içinde zincire eklenme ihtimali bulunmamaktadır. Blok zincir sistemleri her bir bloğu birbirine bağlayan Hash fonksiyonu kullanmaktadır. Yani her yeni blok bir önceki bloğun hash değerini kullanarak zincire bağlanmaktadır. Dolayısıyla bir hacker veya kötü niyetli herhangi biri bir işlemi değiştirmek istiyorsa, ağdaki tüm zincirleri değiştirmesi gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için gereken hash fonksiyonu hesaplaması neredeyse imkânsıza yakın bir işlem gücü gerektirmektedir **(Kim, 2021, 16–17).**

Blok zincir dağıtık bir defter yapısı olduğu için, ağda yer alan tüm veriler ağı oluşturan düğümler tarafından saklanabilmektedir. Dolayısıyla, bir bilgisayarda yer alan bilgi manipüle edilirse veya değiştirilirse, bu husus ağda yer alan düğümler tarafından fark edilir ve uzlaşı mekanizması gereği defterin bu değiştirilmiş versiyonu reddedilir. Bu husus, defterin değiştirilemez özelliğini garanti altına almaktadır **(Kim, 2021, s. 12).** Dolayısıyla ilerde dezavantajlar bölümünde değinilecek olan özel durumlar hariç olmak üzere özellikle açık blok zincirlerde verinin değiştirilebilmesi oldukça zordur. Ağa katılan

düğüm sayısı azaldıkça da, uzlaşıya katılabilecek düğüm sayısı da düşeceğinden, çoğunluğu sağlayabilecek iş birliklerinin (collaboration) oluşturularak verilerin manipüle edilmesi ihtimali artabilecektir.

3.1.2. Şeffaflık (Transparency) ve İzlenebilirlik (Tracebility)

Bir veri tabanının şeffaf olması, o veri tabanında yer alan işlemlere her kullanıcının erişebilir olmasını gerektirmektedir. Blok zincir teknolojisinde, veriler sadece kendinden önce gelen verilere eklenebilmekte ve bir kere eklendikten sonra da üzerinde oynanamamakta ve kaybolmamaktadır. Bu da, bozulamaz şekildeki tarihsel kayıtların sistem içinde kalıcı olmasını sağlamaktadır. Bu kayıtların barındırdığı tüm değişikliklerin deftere yansıtılması ve ağ katılımcılarından herhangi biri tarafından denetlenebilmesi durumunda şeffaflık sağlanmış demektir **(Makridakis ve Christodoulou, 2019, s. 3).**

Blok zincir teknolojisinin getirdiği önemli yenilik ve avantajlardan birisi, bir merkezi otoritenin onayına ihtiyaç duymadan, işlemler ile ilgili tarafların ağda yer alan verilere erişimlerinin sağlanabilmesidir. Bu husus, açık blok zincir ağlarında düğümlerin tam bir şeffaflık içinde verilere erişimi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bir açık blok zincir (public blockchain) ağında, bütün düğümler blok zincirde depolanan işlemlere erişebilmekte ve başlatılmış olan işlemleri teyit edebilmektedir. Bu sebeple blok zincirde muhafaza edilen veriler katılımcılara açık ve şeffaftır **(Liang, 2020, s. 127).**

Katılımcıların ağdaki verilere ulaşabilmesi ve şeffaflık sayesinde her bir işlemin takibi kolaylıkla yapılabilmekte ve bir blokta değişiklik olup olmadığı tespit edilebilmektedir. Bu sebeple blok zincirde şeffaflık kavramı, işlemlerin değişmezliği kavramı ile de ilişkilidir. Özellikle açık blok zincirlerin oldukça şeffaf bir yapıda olması, bu ağ üzerinde kötü niyetli katılımcıların çabalarını daha rahat takip edilebilmesini sağlamaktadır. Tabi ki blok zincir ağının türüne göre şeffaflık yapısı da değişmektedir. Açık blok zincirler herkes için şeffaf bir yapı sunarken, özel blok zincirler ağa katılım sınırlandırılmış olduğu için sadece katılımcılarına şeffaf bir yapı sunmaktadır. Çünkü özel blok zincirler esasen genellikle bir organizasyon çerçevesinde kurulmuş, belli bir gizlilik seviyesine ihtiyaç duyan katılımcıların giriş kontrollerine tabi olarak ağa katılabildiği bir blok zincir çeşididir. Verilere erişim ve veri okuma yetkisi katılımcılarla sınırlandırıldığı için şeffaflık herkese sağlanmamakta aksine katılımcılara sağlanmaktadır.

Bilindiği üzere blok zincirlerde temel olarak ağa katılan ve işlem yapmak isteyen her düğüm ağ üzerinde bir adrese sahiptir. Ağa yayınlayacakları mesajlarda da işlemin

karşı tarafı olan düğümün adresi belirtilmektedir. Dolayısıyla, ağ üzerinde her bir adresin bir işlem geçmişi yer almaktadır. Bu işlem geçmişi public key olarak ifade edilen adreslerde kolaylıkla **izlenebilmekte** ve denetlenebilmektedir. Bu işlemlerin takibinin yapılabildiği, istenildiği zaman izlenebildiği internet sayfaları da bulunmaktadır. Örneğin Bitcoin ağı üzerinde 1Cdid9KFAaatwczBwBttQcwXYCpvK8h7FK numaralı adrese ait işlemler (https://www.blockchain.com/explorer/addresses/btc/1Cdid9KFAaatwczBwBttQcwXYCpvK8h7FK) internet adresi üzerinden takip edilebilmektedir. Gerçek işlemlerin yer aldığı bu internet sayfasında söz konusu adreste tanımlanmış bir düğümün blok zincir ağında kaç kere işlem yaptığı, bu işlemlerin bitcoin ve dolar cinsinden değeri, her bir işlemin karşı tarafı olan adresler, işlemlerin hangi blokta yer aldığı, işlemin doğrulama sayısı, bloğa alınma zamanı, adresi kullanan düğümün BTC bakiyesi gibi çok detaylı bilgiler halka açık (transparent) ve şeffaf bir şekilde izlenebilmektedir (tracable). Oluşturulmuş ve zincire eklenmiş bir blokta yer alan verilerin değiştirilmesi bu sebeple kolaylıkla izlenebilmektedir. Bu şeffaflık ve izlenebilirlik sayesinde kötü niyetli kullanıcılarda kolaylıkla denetlenebilmekte, bunların gerçekleştirdiği şüpheli işlemler uzlaşma mekanizmasınca reddedilebilmekte ve zincir yapısı korunabilmektedir.

Dolayısıyla blok zincirin şeffaflığı her bir işlemin zincire kaydı gerçekleştiğinde sağlanmaktadır. Bu şeffaflık, işlem bilgilerini istenilen zamanda görmeye ve bunların ağı kullanan herkese açık olmasına izin vermektedir **(Golosova ve Romanovs, 2018, s. 2).** Bir blok zincirde genel olarak ayrıcalıklı muhataplar bulunmamaktadır. Değiş tokuşlar eşten eşe eşleşmektedir. Ağ üzerindeki düğümler çok fazla sayıdadır ve tüm kıtalardaki birçok ülkeye yayılmışlardır. Bu düğümler aynı açık kaynaklı bilgisayar kodlarını paylaşırlar ki bu da şeffaflığa ve izlenebilirliğe ayrı bir güvence sağlamaktadır (**Papa, 2017, s. 40)**.

3.1.3 Aracısızlaşma (Disintermediation) ve Etkinlik (Efficiency)

Blok zincir teknolojisinin en önemli avantajlarından birisi aracısızlaşmaya (disintermediation) yaptığı önemli katkılardır. Aracısızlaşma ile kastedilen şey, blok zincir defterinin (veri tabanı kayıtlarının) herhangi bir kişi, firma veya hükümet tarafından idame ettirilmemesi, aksine dünyadaki çok sayıdaki dağınık bilgisayar ağlarınca bir bütün olarak yürütülmesidir. Bu da iki tarafın herhangi bir merkezi aracıya ihtiyacı olmadan birbirleri

ile iletişime geçebilmesi ve işlemleri onaylaması ve kayıtların gerçekliğini doğrulamasını ifade etmektedir **(Makridakis ve Christodoulou, 2019, s. 3).**

Modern toplumda, birçok aracı kurum ve kuruluşların rolü özünde tek bir şeye dönüşmektedir, taraflar arasında güven tesis etmek. Dijital bir dünyada, bireylerin kim oldukları ile ilgili söylediklerine ve vaat ettiklerini yapacaklarına güvenmek çoğu kez zordur. Büyük firmaların müşterileri ile yaptıkları anlaşmadan caymaları durumunda katlanacakları muhtemel itibar kayıpları, elde edecekleri muhtemel kazançlardan daha fazla olabilmektedir. Firmalar, kendi güvenilirliklerini ortaya koyarak belli bir ücret karşılığında ticari aracılık işini geliştirmektedir ki bu durum birbirini tanımayan çevrim içi bireyler için de iyi bir durumdur. Fakat blok zincir teknolojisi, tarafların bir birine güvenmesinin gerekli olmadığı bir dijital etkileşim çözümü ile aracıları parçalayabilmektedir **(Mattlila, 2016, s. 21).**

Özellikle Bitcoin' in kripto para piyasasında geçerliliğini kanıtlaması, bankacılık ve finans sektöründeki aracı görevi üstlenen büyük finansal kuruluşların faaliyetlerini ve aracılık ettikleri finansal hizmetler için talep ettikleri ücretleri hedef alması ile ortaya çıkmıştır. Gerçekten de finans sektörünün en önemli aktörleri olan bankalar Türkiye özelinde en fazla karlılığa sahip kurumlar olarak dikkat çekmektedir. Bu kurumların güveni esas alarak gerçekleştirdiği finansal hizmetler için çok çeşitli adlarla ücret ve komisyon geliri elde edebildikleri görülmektedir. Özellikle TCMB tarafından 07.03.2020 tarih ve 31061 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan *"Finansal Tüketicilerden Alınacak Ücretlere İlişki Usul ve Esaslar Hakkın Tebliğ'de"* belirtildiği üzere faiz (kredi) ve kar payı dışında, sunulan finansal hizmetler için Bankaların alabilecekleri ücret, komisyon ve masraf çeşitlerinde sadeleşmeye ve standardizasyona gidilmiştir. Ancak tebliğ ekinde görüleceği üzere bu sadeleşmeye rağmen Türkiye'de (kredi işlemleri ve çek-senet gibi ticari işlemler hariç) finansal tüketicilerden Bankaların talep edeceği ücret ve masraflar 16 kalemi bulmaktadır.

Gündelik ticarette sıklıkla karşılaşılan karşı taraf riskini aşabilmek için oluşturulan aracı kurum olgusu bazen yasalar, bazen bankalar, bazen noter ve bazen de yazılı olmayan kurallar olarak karşımıza çıkabilmektedir. Blok zincirin temas ettiği nokta da budur. Blok zincir mutlak güven sağlayan bir güven protokolüdür **(Güven ve Şahinöz, 2021, s. 171).** Bu teknolojinin en önemli avantajlarından biri, güvenin ve itibarın pazarlanması suretiyle menfaat elde edecek bir aracının varlığını ortadan kaldırmasıdır. Bu iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Blok zincirde ağı oluşturan düğümlerin birbirleri ile iletişim halinde olması bir aracı üzerinden bu iletişimin yürütülmesi zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır.

Herhangi bir işlemi gerçekleştirmek isteyen tarafın sadece karşı tarafın açık anahtarını yani ağ adresini bilmesi yeterlidir. Karşı tarafı tanıması veya ona güvenmesi gerekliliği bulunmamaktadır. Karşı taraf riskini ortadan kaldıran ve güveni sağlayan husus, her ağın kendi yapısında var olan ortak uzlaşı mekanizması ile birlikte işlemlerin değiştirilmezliği, şeffaflığı ve izlenebilirliğinin sağlanmasıdır.

Aracı ihtiyacını ortadan kaldıran diğer husus ise akıllı sözleşmeler ve yazılımsal standartlardır. Daha önce değinildiği üzere aracı kurum olgusu bazen de yasalar, noterler veya yazılı olmayan kuralları da ifade edebilmektedir. Blok zincir teknolojisi, eski düzenleyici stratejileri hükümsüz kılabilmekte, bunların yerine orijinal teknolojik yenilikler getirerek yeni düzenleyici stratejilerin oluşturulmasında faydalı olabilmektedir. Bir toplumda ekonomik davranışların yönetilmesinde artan bir öneme sahip bilgisayar kodları sayesinde davranışlara belli standartlar çerçevesinde tesir edilmesi mümkündür **(Mattlila, 2016, s. 23).** Gerçekten de açık uçlu yazılımların ağdaki tüm bilgisayarlara ulaşabildiği blok zinciri teknolojisinde, ağı yöneten kuralların bilgisayar kodları ile net bir şekilde belirlenmesi aracı bir kuruma ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. İlaveten, akıllı sözleşmeler yolu ile önceden belirlenmiş bir hukuki alt yapının oluşturulması ve işlemlerin bu çerçevede gerçekleştirilmesi hem güveni arttırmakta hem de aracı bir kurum olmaksızın sistemi işler hale getirmektedir.

Blok zincir teknolojisi, sistemi sürdürecek bir merkezi otorite gerektirmediğinden maliyetleri de azaltmaktadır. Geçmişte her bir işlem çeşitli tarafların kimliklerini kontrol eden ve işlem bilgisini onaylayan (banka gibi) bir aracıya ihtiyaç duyulmaktaydı. Bir aracıya duyulan ihtiyaç ise anlaşmazlıklara, gecikmelere ve maliyetlere sebep olmaktadır. Bununla birlikte blok zincir işlemleri onaylayacak bir aracıya ihtiyaç duymamaktadır. Bunun yerine işlemlerin kolektif olarak onaylanmasında uzlaşı mekanizması kullanılmakta bu da muamelelerde hız, zaman tasarrufu ve daha az maliyete imkân vermektedir **(Kim, 2021, s. 17).**

Özellikle, aracısızlaşmanın yarattığı etkinlik, uluslararası ödeme ve para transferi, dijital kimlik sistemleri, varlık tescilleri (tapu, noter vs.) ve dijital paralar gibi yetersiz hizmet alan kitlelere finansal erişim imkânı tanımaktadır. Uluslararası para transferi alanındaki Ripple, Abra, Bitpesa gibi blok zincir uygulamaları, işlem masraflarını azaltması, işlem süresini kısaltması, karşı bankanın çalışma saatlerinden bağımsız olması gibi avantajlarıyla blok zincir teknolojisinin etkinliğine güzel bir örnek oluşturmaktadır. Doğum sertifikaları, evlilik cüzdanları, sağlık bilgisi dökümleri gibi kimlik bilgileri ile ilişkilendirilen dokümanların eksikliği nedeniyle bir kısım bireyler finans hizmetlerine

erişememektedir. Geliştirilen blok zincir uygulamaları ile (Shocard, BanQu gibi) kimlik bilgilerinin dağıtık defter sisteminde kayıt altına alınması sağlanmaktadır. Bir örnek vermek gerekirse, BanQu uygulaması, Ethereum blok zincirinde ekonomik kimlik yaratarak Umman'daki Suriyeli mültecilere dijital kimlik sağlanması gibi projelerle bu alandaki etkinsizliği gidermeye çalışmaktadır. Varlık tescilinde de blok zinciri teknolojisi merkeziyetsiz bir yapı sunmakta ve potansiyel olarak daha hızlı bir şekilde varlıkların tesciline imkân sağlamaktadır. Ubitquity gibi gayrimenkul platformları, Everledger gibi uluslararası pırlanta sertifikasyon ve izleme sistemleri gibi uygulamalar sayesinde varlıkların daha etkin yönetimi ve takibi daha kolay hale gelmektedir **(Natarajan ve diğerleri, 2017, 23–25).**

Blok zincir teknolojisinde etkinlik kavramının ilişkili olduğu bir diğer unsur ise, uzlaşı mekanizmalarının etkinliğidir. Bitcoin' in kullanmakta olduğu Proof of Work gibi enerji sarfiyatı yoğun olan algoritmalar, uzlaşı sürecini ve maliyetlerini artırabilen ve diğerlerine göre az etkin uygulamalardır. Uzlaşı mekanizmalarının enerji sarfiyatı azaldıkça uzlaşma maliyetleri düşmekte ve sistem hızı artmaktadır. Ancak uzlaşı mekanizmasının kolaylaşması, düğümlerin aynı anda birden fazla blok oluşturmak suretiyle öksüz blok riski yaratmasına da sebep olabilmekte ve uzlaşı sürecinin etkinliğine ters bir durum da ortaya çıkarabilmektedir. Bu sebeple bir blok zincir ağının etkin bir yapıya bürünmesi, uzlaşı sürecinin etkin bir sürede, enerji tasarrufu sağlayarak ve sağlıklı sonuçlar verecek şekilde tasarlanmasına bağlıdır. Bu minvalde, bu teknoloji üzerine oldukça fazla çalışmalar yapılmakta çeşitli uzlaşı mekanizmaları yaratılmaktadır.

3.2. Blok zincir Teknolojisinin Dezavantajları

Blok zincir teknolojisi olarak karşımıza çıkan dağıtık defter kayıt sistemi (distributed ledger) verinin belli bir yerde değil de birden çok yerde ve birden çok kontrol mekanizması ile saklanarak güvence altında tutulması ve bu şekliyle verilerin bozulması, silinmesi, kaybolması ve saldırıya uğraması gibi sorunlara çözüm getirmesi gibi avantajları bulunmaktadır **(Güven ve Şahinöz, 2021, s. 74).** Ancak bahsedilen bu avantajlarına karşın, gelişmekte olan bu teknolojinin içinde barındırdığı bazı dezavantajlar da bulunmaktadır. Bu dezavantajlar gizlilik (privacy), ölçeklenebilirlik (scalability), enerji verimliliği ve depolama alanı, Ağ güvenliği ve %51 saldırıları, Özel anahtar problemi olarak gruplandırılabilmektedir.

3.2.1 Gizlilik (Privacy)

Blok zincir teknolojisinin temelinde, katılımcıların verilere şeffaf bir şekilde erişimi mantığı yatmaktadır. Açık blok zincir ağlarında, katılımcılara bu yönüyle tam bir şeffaflık sağlanmaktadır. Ancak izin gerektirmeyen bu tür ağlarda, kayıtlı işlem verileri internet bağlantısı olan herkese açık durumdadır. Bu durum, şeffaflık açısından iyi bir durum olmakla birlikte, belli bir düzeyde gizliliğe gereksinim duyulan hasta kayıtları, müşteri bilgileri, işletme bilgileri gibi ticari sırlar, tapu bilgileri gibi hususların ağ üzerinde herkese açık olması mahremiyet sorunlarını ortaya çıkarabilmektedir **(Ataşen, 2019, s. 21).**

Açık blok zincir ağlarında tüm katılımcılar her işlemin tam bir kopyasına sahip olmaktadır. Ağa eklenen düğüm sayısının artması veri değişmezliği yönünden güvenli bir durum oluştursa da, bu verilerin dağıtık defter üzerinde dünyanın çeşitli yerlerindeki katılımcılara açık olması gizliliği azaltmaktadır. Bu sebeple blok zincirin benimsenmesini engelleyen zorluklardan biri firma yöneticilerinin finansal gizlilik ve iş sırlarının herkese açık olmasından endişe duymalarıdır **(Dinçel, 2020, s. 78).** Bu husus, sadece firmalarla sınırlı olmayıp, blok zincir teknolojisine yatırım yapmayı düşünen hükümet kuruluşları açısından da sorun teşkil etmektedir.

Gizlilik sorunu üzerine açık ağ yapısını riskli bulan katılımcılar için geliştirilen özel ağ yapısındaki blok zincir ağları, kullanıcılarına daha kapalı, daha koruyucu bir ağ yapısı sunmaktadır. Bu ağ yapısının kapalı bir grup içinde kullanılması yani kayıtların ilgisiz kişilerce görüntülenmesi isteniliyorsa, sadece istenen kişi ve gruplara sağlanacak yetkilendirme seviyeleri ile şeffaflık söz konusu olabilmektedir **(Güven ve Şahinöz, 2021, s. 63).** Yani sadece ağa kabul edilen katılımcılar şeffaf bir şekilde ağ verilerini okuyabilmektedir. Tabi ki özel ağ yapısında dağıtık defter teknolojisinin temel saiklerinden biri olan merkezisizleşmenin (decentralisation) tersi bir durum söz konusu olmakta ve ağa kabul ve yetkilendirme işlemlerini yürütecek merkezi bir organizasyona ihtiyaç duyulmaktadır.

Blok zincir açık anahtar ve özel anahtarlar yolu ile belli bir düzeyde gizliliği sağlayabilmektedir. Kullanıcılar herhangi bir gerçek kimlik sunmaksızın özel ve açık anahtarları ile işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Bununla birlikte blok zincir, her bir açık anahtarın tüm işlem değeri ve bakiyelerinin herkese açık olması yüzünden, işlemsel gizliliği garanti edememektedir. Örneğin bir Bitcoin alım satım işlemi kullanıcıların bilgileri ile eşleştirilebilmektedir. Hatta NAT (her bir kullanıcının özel IP adresini genel

bir IP adresine çeviren protokol) protokolü veya güvenlik duvarı (firewall) kullanıldığı durumlarda bile kullanıcı rumuzlarını IP adresi ile eşleştiren metotlar mevcuttur. Her bir müşteri, ilgili olduğu bir dizi düğüm tarafından emsalsiz bir şekilde tespit edilebilmektedir. Gerçekten de bu düğüm dizileri işlemin kaynağının bulunmasında ve öğrenilmesinde kullanılabilmektedir **(Zheng, Xie, Dai, Chen ve Wang, 2017, s. 562).**

Dolayısıyla açık bir blok zincir ağı da olsa, blok zincir teknolojisinin tam ve kesin bir gizlilik sağladığını söyleyebilmek mümkün bulunmamaktadır. Ancak blok zincir teknolojisinde karşılaşılabilecek mahremiyet ihlallerine karşı anonimliği geliştirmek için bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan karıştırma (mixing), iki kişi arasında olması gereken bir transfer işlemini üçüncü bir kişi üzerinden gerçekleştirerek verilerin çoklu gönderen adreslerden çoklu alıcı adreslere iletilmesi olup, kullanıcıların gerçek kimliğine ulaşılmasını zorlaştırmaktadır. Diğer çalışma ise, anonimleştirme işlemi olup bu işlemde madencilik ve dijital imza ile doğrulama yerine tek taraflı bir şifreyle doğrulama işlemi yapmayı sağlayan sıfır bilgi kanıtı (zero knowledge proof) yöntemi kullanılarak transfer işlemi ile kullanıcı arasındaki ilişki gizlenmiş olur **(Tanrıverdi ve diğerleri, 2019, s. 212).**

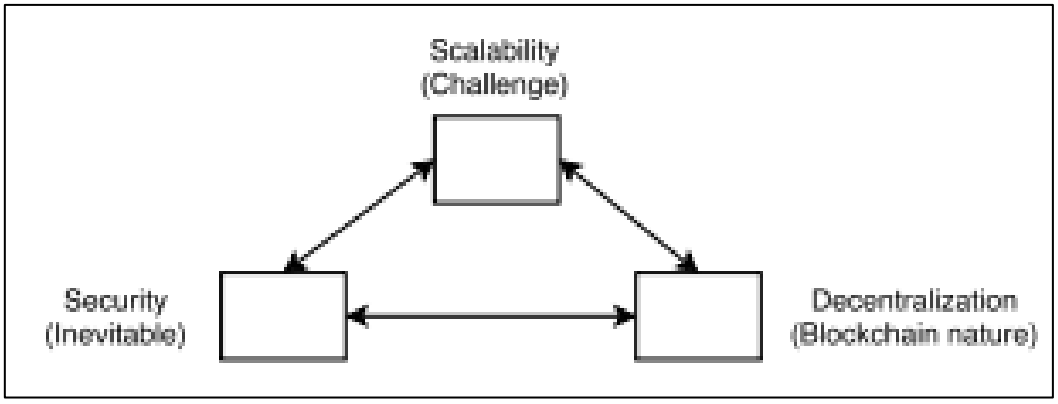
3.2.2 Ölçeklenebilirlik (Scalability), Enerji Verimliliği ve Depolama Alanı

Blok zincir verilerin kayıt edildiği dağıtık bir defter sistemidir. Bu dağıtık veri depolama sisteminde kaydedilen veri miktarı arttıkça ağın depolama yükü de artmaktadır. Ölçeklendirme hususu, artan işlem miktarına karşın blok zincir sisteminin bu ağ yükünü idare etme kapasitesini ifade etmektedir. Yani ölçeklendirme, yüksek hacimli işlemlerin yüksek bir hızda yönetme yeteneği olup uzlaşma mekanizmasının süresine ve depolama kapasitesine bağlı bir unsurdur **(Karaarslan ve Konacakli, 2020, s. 46).**

Artan işlem sayılılarıyla birlikte blok zincir sistemlerinin boyutu periyodik olarak artmaktadır. Düğümlerin doğrulama ve uzlaşma işlemleri için blok zincir verisini saklama zorunda olması zincirin giderek hantal bir hale gelmesine neden olmaktadır. Blok kapasitesi (örneğin bitcoinde 1 MB'tır) ve blok yayınlama hızı (bitcoinde 10 dakikada bir) gibi sınırlılıklar nedeniyle belirli bir sürede onaylanan işlem sayısı sınırlı olmaktadır. Geleneksel veri tabanı örneği olarak karşımıza çıkan VİSA ağı saniyede 65.000 işlem gerçekleştirilebilmekte iken, Bitcoin blok zincirinde saniyede 7 işlem onaylanabilmektedir. Madencilerin yüksek miktarlı para transferlerine düşük miktarlılara göre daha önem vererek yüksek gelir hedeflemeleri de işlem sürelerince gecikmeye neden olmaktadır **(Tanrıverdi ve diğerleri, 2019, s. 211).**

Geleneksel veri tabanlarına kıyasla blok zincir ağlarının belli bir süredeki işlem kapasitesi daha sınırlı olmaktadır. Bunun sebepleri yukarıda değinildiği üzere uzlaşma mekanizmalarının zorluk derecesine bağlı olarak işlem onaylama ve blok oluşturma işleminin uzun olması, madencilerin karşılaştığı depolama hacmi sınırlılıkları nedeniyle blok zincir ağındaki doğrulama ve uzlaşma sürecinin uzun olmasıdır. Blok zincir ağı büyüdükçe, verilerin kaydedilmesi ve işlemlerin hesaplanması zorlaşmakta ve ağdaki tüm verilerin senkronize olması zaman almaktadır. Ağdaki kullanıcı sayısının artması ağın güvenliğini artırsa da bunun karşılığında kaydedilen verilerin artması depolama kapasitesinin artmasını gerektirmekte ve tüketilen enerji miktarı da artmaktadır **(Dinçel, 2020, s. 79).**

Dolayısıyla bir blok zincir ağı büyüdükçe, yani ağdaki düğüm sayısı arttıkça kayıt edilen verilerin tutulduğu dağıtık defter yapısının boyutu da artmakta ve değişmezlik (immutability) özelliği gereğince sistemin **güvenliği (security)** de artmaktadır. Bu sayede blok zincir ağı daha **merkeziyetsiz (decentralized)** bir yapıya kavuşmaktadır. Fakat bu iki durumun gerçekleşmesi söz konusu olduğunda **ölçeklendirme (scalability**) problemi ortaya çıkmaktadır. Bu husus ilk defa Ethereum'un kurucu ortaklarından Vitalik Buterin tarafından **ölçeklendirilebilirlik üçlemi (scalability trilemma)** olarak dile getirmiştir. Vitalik, merkeziyetsizleşme, güvenlik ve ölçeklendirme şeklindeki üç önemli özellik arasında kaçınılmaz olarak bir değiş tokuş olduğunu belirtmiştir. Bir başka deyişle, bu üç özelikten yalnız ikisi aynı anda elde edilebilmektedir **(Hafid, Hafid ve Samih, 2020, s. 125244).**



Şekil 13. Ölçeklenebilirlik açmazı

Kaynak: (Hafid ve diğerleri, 2020)

Blok zincirin doğası gereği merkeziyetsiz bir yapıda olması beklenmektedir. Ağa katılan düğümlerin sayısı arttıkça da kaçınılmaz olarak ağ güvenliği artmaktadır. Bu iki husus birlikte gerçekleştiğinde ise, ağın belli bir süredeki işlem hızı düşmektedir. Zira ağdaki düğüm sayısı ve bunların gerçekleştirdiği işlemler arttıkça bunların tuttuğu kayıt defteri büyümekte, uzlaşı mekanizması sonucu oluşturulacak blokların ve dolayısıyla sistemin hızı yavaşlamakta, blok zincir hantal bir yapıya bürünmektedir. Dolayısıyla ortada bir değiş tokuş (trade off) olmak zorunluluğu ilk defa Vitalik Buterin tarafından dile getirilmiştir. Buna göre ya güvenlik ve merkeziyetsizleşme ön planda tutularak ölçeklendirilebilirlik problemi göz ardı edilecek, ya ölçeklendirme ve güvenlik esas alınarak daha az merkeziyetsizlik tercih edilecek veya ölçeklendirme ve merkeziyetsizleşme esas alınarak güvenlik göz ardı edilecektir.

Bu kapsamda yoğun bir güvenlik sunan ancak enerji verimliliği düşük olan PoW algoritması esasen açık blok zincirlerinde merkeziyetsizleşmeyi sağlarken blok oluşturma sürecini diğer klasik veri tabanları ile kıyaslandırıldığında daha uzun bir süreyi gerektireceğinden ortaya bir ölçeklendirme problemi çıkmaktadır. Güvenliği ön plana çıkaran ve kapalı bir ekosistem yaratan özel blok zincir ağları veri okuma ve uzlaşma mekanizmalarında kullanıcılara belli sınırlamalar getirdiği için ağı daha hızlı bir hale getirerek ölçeklendirme sorununu giderse de bu sefer de daha merkeziyetçi bir yapı ortaya koymaktadır. Açık bir blok zincirde merkeziyetsiz yapı sağlandığında, ölçeklendirme problemi olmaması için bu sefer de güvenlik hususundan feragat etmek gerekmektedir. Yani blok oluşturma sürecini daha az zorlukta uzlaşı mekanizması ve yüksek enerji verimliliği ile çözerek belirli bir sürede hızlı veri işleme ile bu gerçekleştirilecektir. Dolayısıyla ortada bir değiş tokuşun varlığı söz konusu olacaktır.

3.2.3 Ağ Güvenliği ve %51 Saldırısı

Blok zinciri teknolojisi gelişimini halen devam ettirmekte olan bir teknoloji olduğundan şu ana kadar oluşturulan çeşitli blok zincirlerindeki güvenlik anlayışı birbirinden farklılık göstermektedir. Ancak temel olarak dağıtık yapısı sayesinde DDoS saldırılarına karşı sistem esnekliği bulunmaktadır. Hizmet dışı kalan düğümlere karşı diğer düğümler veri kaybı yaşanmadan işleme devam edebilmektedir. Kullanılan özetleme şifreleri sayesinde sistem dışı kalan düğümde veri değişiklikleri diğer düğümler tarafından doğrulanmayacaktır. İlaveten çoğu sistemde işlemlerin gerçekleştirilmesi ve akıllı sözleşmelerin çalışması için ödenen işlem ücretleri hem bakım maliyetlerinin

karşılanmasını hem de kötü niyetli kişilere karşı koruma sağlar **(Ünal ve Uluyol, 2020, s. 172).**

Blok zincir teknolojisinde sistemin güvenliği, ağı oluşturan düğüm sayısına ve bunların ağ yapısındaki dağılımına bağlıdır. Daha fazla düğümün olması sistemi saldırılara karşı daha dirençli yapmaktadır. Bu sayede bir saldırganın ağdaki düğümlerin çoğunu ele geçirmesi zorlaşır ve uzlaşmacı düğümlerin blok yaratma sürecini kötü etkilemeleri önlenebilmektedir. Eğer düğümler çeşitli ağlarda geniş ölçüde dağılabilirlerse, ağ yapısı DDoS ataklarına karşı daha dirençli hale gelmektedir **(Karaarslan ve Konacakli, 2020, s. 44).** Dolayısıyla bir blok zinciri oluşturan düğüm sayılarının artması, bu blok zincir kayıtlarının merkeziyetsizliğini arttırırken bununla birlikte DDoS saldırısı denilen ve sistemin çalışmasını aksatmaya yönelik olan kasıtlı saldırılara karşı da bir direnç oluşturmaktadır.

Bilindiği üzere yaratılan bir bloğun zincire eklenmesi işlemi, ağda yer alan düğümlerin uzlaşısına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu uzlaşı da, blok zincirin kendi yapısında kararlaştırılan PoW, PoS ve benzeri uzlaşı mekanizmaları olup uzlaşı için belli bir madencilik gücünü veya hisseyi gerektirmektedir. Böylelikle binlerce madencinin aynı anda birden fazla blok oluşturulmasının önüne geçilmektedir. Zincirde oluşturulacak blokların belli bir düzen içinde barındırdığı işlemler ise sıralı halde oluşmaktadır. Ancak ağdaki işlem gücünün %51 ve fazlasına sahip olan kişi veya kişiler blok zincir kontrolünü ele geçirebilirler. Kötü niyetli kişiler tarafından ağın hesaplama gücünün yarısından fazlasına sahip olunması %51 saldırı olarak nitelendirilmekte olup bu durumda zincir manipüle edilebilir, hileli işlemler eklenebilir, mükerrer harcama yapılabilir ve diğer kişilerden varlık çalınabilir **(Dinçel, 2020, s. 80).**

Bitcoin blok zinciri özelinde, bu zincirin uzlaşı mekanizması, en azından teorik olarak, madenciler (veya madenci havuzları) tarafından hashing gücünün (hashing poer) hileli ve yıkıcı şekilde kullanılması nedeniyle saldırıya açıktır. Uzlaşı mekanizmasının başarısı madencilerin çoğunluğunun bencillik yapmadan dürüstçe davranmalarına bağlı olsa da eğer bir veya bir grup madenci, madencilik gücünün önemli bir oranına ulaşabilmeyi başarırsa bu mekanizmaya saldırabilirler ve bitcoin ağının güvenliğini ve kullanılabilirliğini bozabilirler. Bu şekilde, geçmiş işlemlere çok etki edemese de (en fazla geçmiş 10 bloğun işlemleri) uzlaşı saldırıları sadece gelecekteki uzlaşıları etkileyebilmektedir. Uzlaşı saldırıları, özel anahtarların ve dijital imza algoritmalarının güvenliğini etkilememektedir. Bu saldırılar yalnızca en son eklenen (en fazla 10 blok)

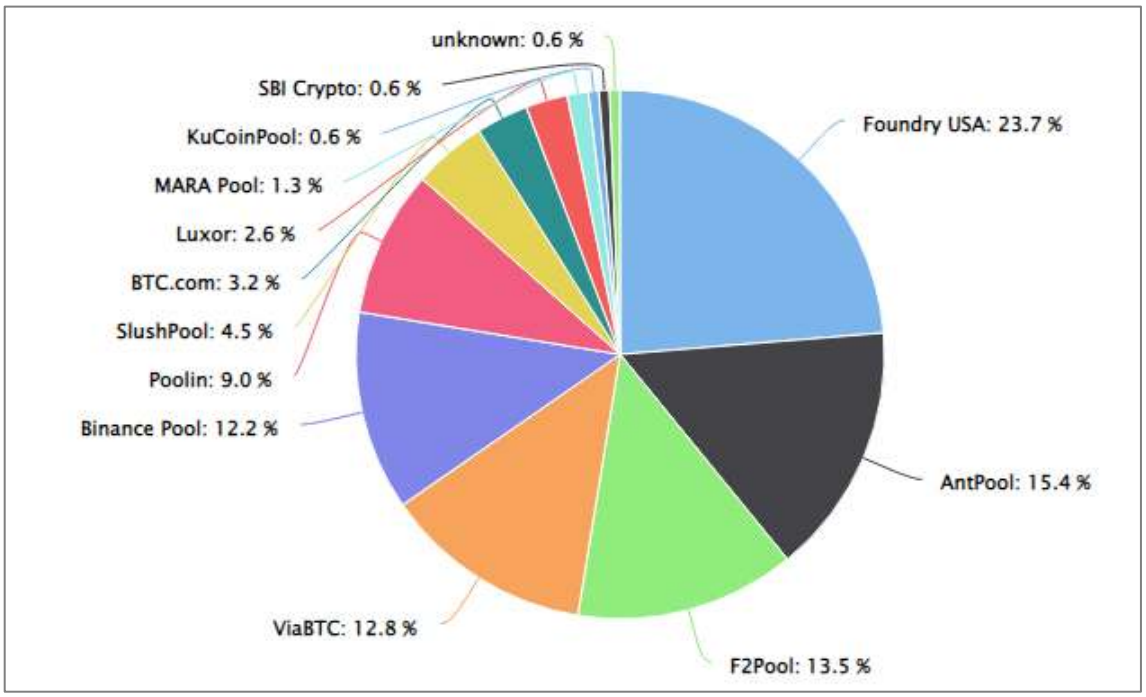
blokları etkilemekte ve gelecekteki blok yaratma işlemine yönelik hizmeti kullanılamaz hale getirebilmektedir **(Antonopoulos, 2014, 214–215).**

%51 saldırı olarak tanımlanan saldırı da uzlaşı mekanizmasına yapılan saldırı senaryolarından bir tanesidir. Bu senaryoda ağın toplam hashing gücünün %51 çoğunluğunu kontrol eden bir grup madenci saldırma amacıyla bir araya gelmektedir. Ağa saldıran bu madenciler blok zincirde kasıtlı çatallanmalara, çift harcama problemlerine veya bazı işlemler ve adresler üzerinde DDoS ataklarına sebep olurlar. Çatallanma/çift harcama saldırısı, saldırganın önceki onaylanmış blokları, altlarında bir çatal blok yaratarak geçersiz kılmakta ve onları alternatif bir zincire çevirmektedir. Yeterli bir hash gücüyle, bir saldırgan bir sıradaki 6 veya daha fazla bloğu geçersiz kılabilir. Yine aynı güce sahip bir saldırgan, belli bir katılımcının adresini hedef alarak bu adresin işlemlerine izin vermeyebilir. Bu tip bir saldırı, saldırganın madencilik gücünün çoğunluğunu elinde bulundurduğu süre zarfında belirli bir adresin veya adres grubunun sürekli olarak hizmet alımına engel konulması sonucunu doğurmaktadır. Fakat adına rağmen %51 saldırısı, gerçek anlamda hashing gücünün tam %51'i oranında elde edilmesini gerektirmez. Esasen, bu tür bir saldırı, hashing gücünün daha düşük oranlarında bile mümkün olabilmektedir. %51 sınırı, bu tür bir saldırının neredeyse garanti olabileceği bir eşiği ifade etmektedir. Bazı güvenlik araştırma grupları, istatistiksel modellemeleri kullanmak suretiyle, %30 kadar bir hashing gücü ile uzlaşı saldırılarının mümkün olabileceğini öne sürmektedir **(Antonopoulos, 2014, 215–216).**

%51 saldırı olasılığı, Ethereum blok zincirinde de varlığını korumaktadır. Ancak bu türden bir saldırı saldırganlar için çok riskli olabilmektedir. Bu tür bir saldırının yapılabilmesi için madencilik yapmak için Ethereum hisse payları olarak öne sürülen payların (stake) en az %51'inin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu husus çok yüksek miktarda paranın sisteme pay (stake) olarak kitlenmesini gerektirmekte, aynı zamanda da ağın kripto parası olan ETH'nin de değerini düşürme olasılığını barındırmaktadır. Dolayısıyla sistemdeki madencilik paylarının çoğunu elinde bulunduran biri için ETH'nin değerinin düşürmek istemeye yönelik bir saik mantıklı olmamaktadır **(Ethereum, 2021).**

En büyük blok zincir ağı olan Bitcoin ağında, PoW algoritması, yoğun bir işlem gücünü gerektirmektedir. 2009'dan günümüze kadar bu ağdaki gelişim dikkate alındığında, artık madencilik faaliyeti için belirlenen zorluk derecesi ilk zamanlara göre oldukça artmıştır. Bu husus da madencilerin daha iyi donanımlara ve daha yüksek enerji maliyetleri ile bu faaliyeti sürdürmeleri gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Ancak madenciler, bu faaliyetleri nedeniyle daha fazla gelir elde etmek için oluşturdukları madenci havuzları

ile blok oluşturma sürecindeki hash güçlerini artırmakta ve bloğu yaratma şansları artmaktadır. Dolayısıyla bir madenci havuzunun blok oluşturma ihtimali, bireysel bir madencinin ihtimalinden daha yüksek olmaktadır. Bu ihtimal de madenci havuzunun hashing gücü arttıkça daha da yükselmektedir. İş ispatı algoritmasında, bir madencinin blok üretebilmesi, ortaya koyacağı hesaplama gücüne bağlı olduğundan madenciler daha fazla blok üretebilmek için birlikte hareket ederek hesaplama gücünün en yüksek olduğu madenci havuzlarını oluşturmak istemektedirler. 02.02.2020 itibarıyla ağın işlem gücünün %50'den fazlasının 4 büyük madenci havuzunun elinde olduğu görülmektedir **(Dinçel, 2020, s. 81).** 04.05.2022 tarihi itibarıyla bitcoin blok zinciri ağındaki madenci havuzlarının aşağıda yer alan dağılımı incelendiğinde (%10'un üzerindeki) 5 büyük madenci havuzunun ağın toplam işlem gücünün %77,60'ına ulaştığı görülmektedir.



Şekil 14. BTC havuz istatistikleri

Kaynak:(BTC.com, 2022) Pool Stats - BTC.com Erişim Tarihi 04.05.2022

3.2.4 Özel Anahtar Problemi

Klasik veri tabanlarında merkezi bir yapının varlığı nedeniyle verilerin güvenliğinin talep edilebileceği bir muhatap bulunabilmektedir. Örneğin bir bankacılık işleminde hesabınıza erişememeniz durumunda başvurulacak mercii bellidir. Aynı şekilde internet işlemleri için gerekli olan şifrenizi unutmuş olmanız durumunda, bankanın merkezi

sistemleri üzerinden basitçe bir parola değişikliği talep edilebilmektedir. Ancak blok zinciri teknolojisi genel anlamıyla bir merkeziyetsiz yapı vaat ettiği için bu tür problemleri çözebilecek bir muhatap bulunamamaktadır.

Asimetrik şifreleme sistemi kullanan blok zinciri ağlarında kullanıcılara özel anahtar (private key) ve açık anahtar (public key) olmak üzere iki anahtar sunulmaktadır. Açık anahtarlar genel anlamıyla ağ adresi olarak kullanılan ve işlemin tarafı olan herkese paylaşılan ve özel anahtar vasıtasıyla hesaplanan ve bu anahtarla ilişkili olan anahtardır. Ancak özel anahtar adından da anlaşılacağı üzere kullanıcıya özel olan ve her bir kullanıcı tarafından özenle saklanması gereken anahtardır. Varlık sahipliği ve varlık transferini sağlayan her kullanıcıya özel olan özel anahtarlardır.

Blok zinciri kullanırken kullanıcıların özel anahtarları, herhangi bir üçüncü kişiden ziyade kullanıcıların kendisi tarafından yaratılan ve korunan bir kimlik ve güvenlik belgesi olarak dikkate alınmaktadır. Bir kişinin özel anahtarı kaybolduğunda, bunun geri dönüşü olmamaktadır. Eğer bir kullanıcının özel anahtarı çalınırsa, o kullanıcının blok zincir hesabı, bir başkası tarafından kurcalanma riski ile karşı karşıyadır. Blok zincir, herhangi bir güvenilir üçüncü kişi organizasyonuna dayanmadığı için, eğer kullanıcının özel anahtarı çalınırsa, suça ilişkin davranışların takibinin yapılması ve değiştirilmiş blok zincir bilgilerinin dönüşü zordur **(X. Li, Jiang, Chen, Luo ve Wen, 2020, s. 845).**

Gelişmekte olan yapısına rağmen blok zincir teknolojisinin önemli problemlerinden biri de teknolojinin kullanılırlığını ve ağdaki varlık güvenliğini negatif etkileyen özel anahtarların saklanması ve kurtarılması problemidir. Özel anahtarların geleneksel saklama yöntemleri ezberleme, soğuk cüzdan, dijital olarak sade formda saklama, cüzdan sağlayıcısı vasıtasıyla uzaktan saklama ve simetrik şifreli dijital cüzdanlarda saklama şeklindedir. Ezberleme, örneğin Bitcoin sisteminde özel anahtar uzunluğu 64 karakter olduğundan, insanlar için zordur. İnternet üzerinden hizmet veren cüzdan servisleri (web wallets) ise kullanıcılara herhangi bir web tarayıcısı veya mobil platform üzerinden şifrelerini saklama imkânı sağlasa da bu servis sağlayıcısı tarafa duyulan güven ölçüsünde güvenilir bulunmaktadır. Electrum gibi masa üstü cüzdanlarda, her kullanıcı yerel olarak bilgisayarlarında özel anahtarlarını şifreleme opsiyonu ile kullanırlar. Bu tür simetrik şifreli dijital cüzdanlar daha fazla güvenlik sunmaktadır. Ancak kullanıcılar anahtarın kurtarılması amacıyla oluşturulan şifrelemede kullandıkları parolayı hatırlamak zorundadır. Eğer unutulursa özel anahtarı kurtarmanın imkânı bulunmamaktadır **(Aydar, Çetin, Ayvaz ve Aygün, 2019, 2–3).**

Dijital bir devrim olarak dikkatleri çeken blok zincir teknolojisinin önemsiz gibi değerlendirilebilse de belki de en önemli problemlerinden bir kullanıcıların özel anahtar bilgilerini kaybetmesi, unutması veya çaldırması problemidir. Bitcoin dünyasında son yıllarda dikkat çeken bu konu ile ilgili en çarpıcı örnek, Stefan Thomas adında bir yatırımcının yaklaşık 200 milyon dolar değerindeki Bitcoin varlığını özel anahtarını unutması sebebiyle tasarruf edememesidir. Dolayısıyla özel anahtar güvenliği esasen ciddi bir problem olarak varlığını korumakta olup bir kripto para analiz firmasının tahminlerine göre mevcut Bitcoin varlığının %20'si cüzdanlarda kaybedilmiş durumdadır **(Vanguard X, 2022).**

3.3. Blok zincir Teknolojisinin Kullanım Alanları

3.3.1 Bankacılık ve Finans

Blok zincir teknolojisinin uygulama alanları arasında bankacılık ve finans sisteminin en başta gelen uygulama alanlarından biri olduğu görülmektedir. Uluslararası ödeme sistemleri, aracı durumundaki bankaların ve diğer finansal kuruluşların belirlediği işlem ve onaylama süreçleri nedeniyle karışık ve zaman harcayıcı hale gelmektedir. Blok zincir teknolojisi bu sorunları merkezi olmayan kayıt sistemi ve güçlü onay mekanizmaları sayesinde azaltmakta, eşten eşe ağ yardımı ile uluslararası ödemeler daha hızlı, kolay ve güvenli hale gelmektedir. Abra ve Bitspark gibi birçok para havale firmaları hâlihazırda Blok zincir temelli havale teknolojilerini kullanmaktadır **(Rawat, Chaudhary ve Doku, 2019, s. 3).**

Ödeme sistemleri üzerine faaliyet gösteren en önemli blok zincir ağlarından olan Ripple ve Corda uygulamalarına yatırım yapan Bank of America, Sandanter, Commerzbank gibi uluslararası bankalar ve American Express, MoneyGram gibi ödeme sistemleri ile birlikte Türkiye'de de Akbank, QNB Finansbank, İş Bankası gibi bankalar bu teknoloji üzerine yatırımlarını yapmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin Bankacılık sektörünün klasik işleyişine getirdiği yeniliklerden biri de uluslararası ticarette akreditif (letter of credit) kullanımının blok zincir platformları üzerinden yürütülmesidir. 6 Eylül 2016 tarihinde İrlanda'da faaliyet gösteren Ornua firması ile Seyşeller'de faaliyet gösteren Seychelles Tranding Company arasındaki ticaret işlemi tamamıyla blok zincir platformu (Wave) üzerinden gerçekleşmiş

ve Barcklays Bankası gözetiminde yürütülen bu programda akreditif dâhil tüm ticari evraklar ve işlemler blok zincir platformu üzerinden yürütülmüştür **(Ornua, 2016, 1–3).**

6 Temmuz 2017 tarihinde Mizuho Finansal Group, INC, Mizuho Bank, Ltd. Marubeni Corporation ve Sampo Japan Nipponkoa Insurance INC.'nin taraf olduğu Avustralya ve Japonya arasındaki uluslararası ticaret işlemi tamamıyla blok zincir/dağıtık defter teknolojisi üzerinden tamamlanmıştır. Ticari işlemde kullanılan akreditif ve ilgili ticari evrakların tamamı Blok zincir temelli dijital bir platform üzerinden gerçekleşmiştir **(Marubeni, 2017, s. 1).**

Ülkemizde de benzer bir uygulama ortaya konulmuş ve İş Bankası, Şişecam, Kurara Europe GmbH ve Commerzbank arasında blok zincir ağı üzerinden gerçekleşen işlemde dış ticaret finansmanında ödeme güvencesi sağlanarak Almanya'dan Türkiye'ye ithalat işlemi gerçekleştirilmiştir **(Dinçel, 2020, s. 78).**

Blok zincirin finansal teknoloji alanındaki en hızlı gelişen uygulamalarından biri de **kripto-teminatlı kredi** (cyrpto-colateralized lending) alanında ortaya çıkmaktadır. Adından da anlaşılacağı üzere teminat olarak kripto varlıkların alındığı krediler olarak tanımlanabilecek kripto teminatlı kredilerin uygulanmasında merkezi (kreditör bankadan-kredi kullananlara) ve merkezi olmayan (kreditör eşlerden- kredi kullananlara) uygulamaların olduğu pek çok platform bulunmaktadır **(Portilla ve diğerleri, 2022, s. 5).** Bu platformlara BlockFi, Unchained Capital, Salt Lending, Nexo gibi blok zincir tabanlı uygulamalar örnek verilebilir.

Blok zincir teknolojisinin fintech alanındaki yansımalarından biri de bankacılık işlemlerinde çok önemli bir veri olan bilginin edinilmesine yönelik bankaların blok zincir platformlarına yaptıkları yatırımlardır. Bu minvalde Goldman Sachs ve BNY Mellon bankalarının desteklediği Coin Metrics veya Citigroup'un yatırımcı olarak katıldığı Amberdata gibi açık kaynak projeleri bu tür yatırımlara örnek gösterilebilir.

Bununla birlikte kripto varlıkların blok zincir tabanlı pazarlarda alım satımına yönelik oluşturulan bölgesel pazar ve takas platformları da bankaların yatırımlarını çekmektedirler. Kuzey Kore'de bulunan KB Investment ve Hana Girişimi'nin yatırım yaptığı Buysell Standarts (Piece) ve İtalya'da bulunan Credit Agricole Italia'nın yatırım yaptığı BlockInvest gibi platformlar bunlara örnek gösterilebilir **(Team Blockdata, 2022, s. 8).**

3.3.2 Sağlık Sektörü

Blok zincir teknolojisinin sunmuş olduğu eşler arası kayıt sistemi sayesinde verilerin merkezi bir depolama alanından ziyade düğümler arasındaki tüm bilgisayarlarda saklanabilmesi hususu veri güvenliği açısından önem arz etmektedir. Blok zincir teknolojisi bu yönü ile veri kullanımının kritik bir öneme sahip olduğu sağlık sektöründe, bu verilerin güvenli bir şekilde saklanması ihtiyacına cevap verebilmektedir.

Blok zincir teknolojisinin sağlık sektöründeki kullanım alanlarından biri, hastaların kişisel, tıbbi veya sağlıkla ilgili elektronik tıbbi kayıtlarının (EMRs-Electronic Medical Records) saklanması, modellenmesi ve yönetimidir. Blok zincir teknolojisinin kullanılmasıyla birlikte sağlık sektöründeki paydaşlar arasında veri paylaşımının daha kolay, şeffaf ve güvenilir hale gelebilmesinin yanında hastaların da kendi verileri üzerinde kontrol gücü olabilecektir. Bunun yanında uzaktan hasta gözetimi blok zincirin sağlık sektöründeki bir başka kullanım alanıdır. Bu teknoloji, hastaların vücutlarından ve üzerlerindeki mobil cihazlardan toplanan biyomedikal verilerin klasik hastane ortamının dışında uzaktan erişilerek takiplerinin yapılabilmesine olanak verecektir.

Bir başka kullanım alanı ise biyomedikal eğitim ve klinik araştırmalarında blok zincir teknolojisinin sunduğu akıllı sözleşmeler vasıtasıyla verilerin tahrif edilmesinin ve istenmeyen sonuçların eksik bildirilmesinin önüne geçilebilmekte olup verilere ve klinik deneylere olan güvenin artmasına yol açılabilmektedir.

İlaç ve eczalığa yönelik tedarik zincirleri de blok zincirin sağlık sektöründeki kullanım alanlarından biridir. Bu tedarik zinciri yeni ilaçların pazara tanıtılması ve tıbbi ürünlerin nihai müşterilere güvenli ve yasal bir şekilde ulaştırılmasını sağlamaya yöneliktir. Bu alanda blok zincir, güvenilir bir platform yaratarak eczacılık endüstrisindeki problemlerden biri olan ve hasta sağlığını etkileyen standart dışı veya sahte ilaçlar sorununu hedef almaktadır **(Elangovan ve diğerleri, 2022, s. 12).**

Blok zincir teknolojisi aynı zamanda sağlık sigortası dolandırıcılığına karşı da kullanılabilmektedir. Bu dolandırıcılık çeşidinin Amerikan sağlık sistemine maliyeti her yıl 68 milyar dolar civarında tahmin edilmektedir. Blok zincir ağına kaydedilen ve sigorta paydaşları ile de paylaşılan güvenilir sağlık verileri sayesinde olmayan sağlık prosedürlerine ilişkin fatura kesilmesi veyahut gereksiz hizmetler için ücretlendirme yapılması gibi çok sık rastlanan dolandırıcılık tiplerinin önüne geçilebilmektedir **(Academy, 2020, s. 6).**

Sağlık sektöründe görülen popüler blok zincir uygulamaları, MediLedger Network (Chronicle Firması- ABD), Curisium (Health Verity Firması- ABD), Patientory dApp (Patientory Incorporation- ABD), Ever Network (Ever Medical Technologies Firması- Tayland) gibi bu sektöre yönelik veri paylaşımı yapan, akıllı kontrat sözleşmeleri üreten ve sektör paydaşlarını bir araya getirerek çözümler sunan firmaların uygulamalarıdır **(Morey, 2021, 8–10).**

Bununla birlikte çeşitli ülkelerde sağlık sektörüne yönelik Insure Network (Güney Kore), Alphacon (Güney Kore), Aimedis (Hollanda), FarmaTrust (İngiltere), Baikalika (İngiltere), MedicoHealth (Slovenya), Cura Network (Nijerya) gibi blok zincir platformları bulunmaktadır **(Prokofieva ve Miah, 2019, 9–10).**

3.3.3 Dijital Kimlik ve Oy kullanma

Blok zincir teknolojisinin bir başka kullanım alanı da vatandaşlar ve hatta işletmeler ve kamu kurumları için dijital kimlikler oluşturulması, bu kimliklerle işlemler yapılması (doğum ve ölüm belgeleri, evlilik cüzdanları, pasaport ve vize bilgileri) gibi uygulamaları da kapsayabilmektedir **(Babaoğlu ve Karasoy, 2022, s. 7).**

Blok zincir teknolojisi, modern dijital kimlik hizmetlerine yönelik iki türlü yenilik sunmaktadır. Bunlardan biri kimlik doğrulama ve gerçeklik işlemlerine yönelik güvenilir bir aracı (devlet kurumu) ihtiyacını ortadan kaldırmakta olmasıdır. Bu kapsamda sunulan hizmet içeriğinde kişisel verileri açıklamaya zorlayan ve yürütülmekte olan işle ilgisi bulunmayan yapay gereksinimleri de ortadan kaldırmaktadır. Diğer yenilik ise, bu teknolojinin kimlik sahibi ve karşı tarafın mutabakatına uygun olarak kararlaştırdığı herhangi bir hizmete entegre edilerek yaygın kullanım alanı sağlamasıdır. Bu husus, birbirini tanımayanlar arasındaki kayıtlı veriler üzerinden oluşan dijital bir ortamda güven yaratarak kişilerin çevrim içi itibarlarını daha yaygın ve anlamlı hale getirmektedir. Estonya Hükümeti ile Bitnation "governance 2.0" servisi işbirliği ile 2015 yılının Aralık ayından beri geliştirilmekte olan kamusal noterlik servisi sayesinde dünyadaki tüm Estonya vatandaşlarına (e-Resident) yönelik doğum, evlilik sertifikaları, mülkiyet belgeleri gibi dokümanlar, servis sağlayıcısına dijital kimlikler ile girilerek resmi olarak onaylanabilecektir **(Mattlila, 2016, s. 14).**

Dolayısıyla blok zincir teknolojisi, klasik veri tabanlarında yer alan doğum, ölüm, evlilik, pasaport bilgileri gibi kişisel bilgilerin merkezi olmayan bir ağda dijitalleşmesine yönelik sunduğu yenilikler yanında, oluşturulan bu dijital kimlikler yolu ile bu zincire

entegre edilecek diğer kamusal hizmetlerin yaygınlaştırılmasına yönelik de avantajlar sunmaktadır. Blok zincir teknolojisine yönelik önemli adımlar atan Estonya'da bu teknoloji ile desteklenen dijital kimlik kartlarında vatandaşla ilgili verilerin tutulmasının yanında kimliği doğrulamak ve dijital imza oluşturmak için iki sertifikaya sahip bir elektronik çip bulunmaktadır. Bu sayede kimlik belgesi, yedekleme, toplu taşıma için bilet alma, elektronik seçimler gibi birçok alanda kullanılabilecek bir alt yapıya sahip olmaktadır **(Kemeç, 2022, s. 634).**

Kamu sektöründe blok zincir kullanım alanlarından bir olan oylama sistemlerinde de Blok zincir teknolojisi kullanılabilmektedir. Bu kullanımın ilk örneklerinden biri 2014 yılında Danimarka'da Danish Liberal Alliance siyasi partisi tarafından bir iç oylama yapılmasına yönelik kullanımdır **(Yaşa, 2022, s. 621).** Bununla birlikte Sierra Leone'de 2019 yılında yapılan seçimlerde Agora Blok zinciri üzerine kaydedilen anonim oy pusulaları ilgili herkesin gözden geçirme, hesaplama ve onaylamasına yönelik açık halde tutulmaktadır. İlaveten, Rusya'da Moskova Şehri Seçim Komisyonu ve Moskova Bilgi Teknolojileri Dairesi ortaklığında 2019 yılında planlanan ve duyurulan bir blok zincir tabanlı elektronik oylama sistemine yönelik pilot proje de bulunmaktadır **(Sharma, 2019).**

Blok zincir tabanlı oy kullanma çalışmaları kapsamında çeşitli deneme ve testler dünyanın pek çok ülkesinde yapılmaktadır. Tayland'da Thai Demokrat Partisi'nin ZCoin platformu üzerinden gerçekleştirdiği seçimler, Amerika'da Utah, Kolarado, Oregon gibi eyaletlerde akıllı telefon uygulamaları üzerinden test edilen seçimler, İsviçre'nin Zug, Japonya'nın Tsukaba, Brezilya'nın Sao Paolo Şehrinde yapılan pilot çalışmalar blok zincirin yakın zamanda bölgesel ve ulusal seçimlerde kullanılması yönünde atılan önemli adımlardır **(Couger Team, 2021).**

Türkiye'de ise TÜBİTAK-Bilgem öncülüğünde IBM-HyperLedger teknolojisi kullanılarak planlanan bir dijital kimlik oluşturma çalışması halen devam etmektedir. Kurumun internet sitesinde (https://blokzincir.bilgem.tubitak.gov.tr/wp-content/uploads/sites/15/2022/06/20-Oktay-Adalier.pdf) çalışmalar ile ilgili paylaşılan sunumlarda pilot çalışmanın başarılı olduğu ancak karar verici, kullanıcı, regüle edici kurum ve kuruluşlarla gerekli irtibatın sağlanamadığı yönünde eleştiriler bulunmaktadır.

3.3.4 Tapu Kayıtları

Dağıtık defter teknolojisinin kamu alanındaki bir başka kullanım örneği tapu kayıtları üzerinde şekillenmektedir. Blok zincir, eşten eşe ağda gerçekleştirilen tüm

işlemlerin tarihsel bir kaydını tutan dağıtık defter teknolojisidir. Tapu sicillerinin blok zincir yolu ile gerçekleştirilmesi, hileli işlemleri önlemeye yardımcı olur ve böylelikle sistemi daha güvenilir hale getirir. Sözleşmeler ve mülkiyet detayları merkeziyetsiz şekilde muhafaza edilir. Fiziksel müdahale ihtiyacını ortadan kaldırdığından ve bu yolla kullanıcıların sistem güvenliğini geliştirdiğinden, verisel işlemlerin takibi daha kolay hale gelmektedir. Blok zincirin kullanımıyla, ağda yer alan her bir blok, gayrimenkul ada ve pafta bilgileri, sahip bilgileri, işlem tutarı, ödeme yöntemi ve bir önceki işlem detayı gibi işleme konu olan tapu siciline ilişkin tüm bilgileri göstermektedir **(Krishnapriya ve Sarath, 2020, s. 1709).**

Dünya'da blok zinciri teknolojisini tapu sicili işlemlerinin tamamında bir bütün olarak kullanan devlet olmamakla birlikte, bu teknolojide uzman bir şirketle ortak proje yürütmek ve belirli bir ilde veya eyalette pilot uygulamalar yapmak suretiyle ciddi aşamalar kaydeden ülkeler mevcuttur. Bu alanda Blok zincir çalışmaları yürütenler arasında; bazı tapu işlemlerine yönelik, tapu memurlarının sisteme müdahale edebildiği bir hibrit (karma) blok zincir ağı oluşturan **Gürcistan**, tapu işlemlerinin sadece yetkili taraflarca görülebileceği ve akıllı telefon uygulamasıyla desteklenen bir blok zincir ağ denemesi yapan **İsveç**, her bir mülke yönelik oluşturulan tapu zinciri (chain of titles) ve mülk sağlığı (property health) denilen uygulama üzerinden tapu sicilinin blok zincir tabanlı uygulanmasına ilişkin denemeler bulunan **A.B.D. (Cook bölgesi)**, "MyAmaravati" denen bir uygulama üzerinden tapu sicillerinde gerçekleşen değişikliklerin blok zincir ağında takibinin sağlanabilmesi çalışması yapan **Hindistan** gibi ülkeler örnek gösterilebilir **(Tekelioğlu, 2022, 7–14).**

Türkiye'de tapu siciline yönelik blok zincir ağı oluşturulmasına yönelik sonuçlandırılmış bir çalışma olmamakla birlikte akademik olarak buna yönelik bir öneri mevcuttur. Mendi, Sakaklı ve Çabuk'un kaleme aldığı makalede, tapu devrine ilişkin oluşturulacak bir satış kodu (sales code) üzerinden tarafların, belediyenin, bankanın işlem sırası ile sisteme dâhil edildiği ve IBM-Hyperledger Fabric platformunun tercih edildiği bir blok zincir ağı önerisi sunulmaktadır. Söz konusu çalışmanın dikkate değer bir önemi de, bankaların sisteme entegre edilmesi ile tapu harç bedelini etkileyen rayiç bedelleri düşük göstermeye yönelik çabaların önüne geçilebilmesinin ve 193 sayılı Gelir Vergisi Kanunu'nun mükerrer 80/6. maddesinde belirtilen (gayrimenkullerin iktisap tarihinden itibaren 5 yıl içinde elden çıkarılmasından kaynaklanan) değer artış kazançlarının da doğru bir şekilde ve şeffaf olarak tespit edilebilmesinin savunulmasıdır **(Mendi, Sakakli ve Cabuk, 2020, 1–6).**

3.3.5 Tedarik Zinciri

Nihai tüketiciye kademeli olarak katma değer sunmak amacıyla iş birliği içinde bulunan ve birbirine bağlı firmalar arasındaki stratejik iştirak durumu olarak tanımlanabilecek tedarik zincirinde, Pazar odaklı çeşitli firmalar ürünleri ve hizmetleri etkin ve verimli bir şekilde üretmek ve pazara sunmak amacıyla bir arada çalışmaktadırlar **(Papa, 2017, s. 39).** Blok zincir teknolojisinin aracı ihtiyacını ortadan kaldırması, bu teknolojinin tedarik zincirinde de kullanılabilmesi olanağını ortaya çıkarmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin tedarik zincirinde kullanılmasıyla, gıda maddelerinin tarladan sofraya gelene kadar ki süreçte izlenebilirliğinin sağlanması, bu izlenebilirlik sayesinde balık, süt ürünleri, et ürünleri gibi bozulabilen gıdaların soğuk zincirinin kırılıp kırılmadığının takibi, gıda ürünlerinin geçmişi, oluşturulacak dijital kimlik ile gıda menşeinin görülebilmesi, gıda hilelerine güçlü ve etkili çözüm sunabilmesi, tedarik zincirini sadeleştirerek işlem maliyetlerini düşürmesi, veri akışını hızlandırması ve verimliliği artırması gibi avantajlar ortaya çıkmakta ve bu vesileyle bu teknolojinin hem tüketiciye hem de üreticiye fayda sağlama potansiyeli bulunmaktadır **(Gökoğlan ve Atalan, 2022, 107–108).**

Takip edilebilirliğin ve şeffaflığı artırması, gıda güvenliği hususunu ele alması, daha etik ve sürdürülebilir kaynak kullanımı sağlaması, ödemeleri daha etkin hale getirmesi ve daha etkin iletişim ve iş birliğine yol açması gibi alternatifleri tedarik zincir yönetimine sunan blok zincir teknolojisi son yıllarda bu alanda popüler hale gelmektedir. Tedarik zinciri alanında her ne kadar yeni olsa da çeşitli öncü firmalar bu teknolojinin kapasitesinden faydalanmaya başlamıştır. FedEx, gönderi takip ve izleme zincirine blok zincir teknolojisini entegre ederek takip edilebilirliği artırmak ve müşteri anlaşmazlıklarını azaltmak istemiştir. Ford Motor Company, elektrikli araç bataryalarında kullanılan kobalt madeninin daha etik kaynak kullanımına yönelik IBM tabanlı blok zincir teknolojisi kullanmaktadır. Volvo ve Porshe gibi otomobil devleri de bu teknolojiye yatırım yapmaktadır. Dünyanın en büyük elmas şirketlerinden bir olan De Beers firması, blok zincir tabanlı "Trace" uygulaması ile müşterilerine üretmiş olduğu elmasların orijinalliğini kontrol imkânını sunarken kıymetli taşların kaynakları hakkında da bilgi vererek bu kaynakların şiddet ve terör bölgelerinden gayri ahlaki olarak elde edilip edilmediği hususundaki müşteri kaygılarını da gidermeyi amaçlamaktadır. IBM Gıda Güvenliğinin (IBM Food Trust) kurucu üyelerinden olan Nestle firması da kullanıcılarına gıda zincirini oluşturan veriler hakkında gıdaların tarihçesi ve mevcut lokasyonu hakkında bilgiler sunan

blok zincir tabanlı uygulamalar (SaaS) üzerinde çalışmaktadır. Walmart firması da, Hyperledger Fabric ağı üzerinde gıda takip sistemi çalışmalarında bulunmaktadır **(Glover, 2022, 1–11).**

Ülkemizde ise Migros ve CarrefourSA gibi firmaların gıda ve tekstil ürünlerine yönelik blok zincir teknolojisi üzerinden tedarik zinciri oluşturulmasına yönelik yatırım ve çalışmaları bulunmaktadır.

3.3.6 Muhasebe ve Denetim

Blok zincir teknolojisinin getirmiş olduğu en önemli yenilik, işlem ve kayıtların eşler arası ağlarda ve dağıtık bir yapıda bir defter mahiyetinde kayıt altına alınması olduğu için, söz konusu kayıt sisteminin muhasebe alanında da kullanılabileceği hususu tartışılmaktadır.

Muhasebe alanında uygulanan çift taraflı kayıt sisteminin blok zincir teknolojisi ile üç taraflı kayıt sistemine dönüştürülebilme hususu ortaya çıkmaktadır. İşletmelerin satılan mal ve hizmet karşılığı alıcıdan yaptığı tahsilatlar çift taraflı kayıt sisteminde borç kaydedilirken, alıcıların ödediği meblağlar ise kendi kayıtlarında alacak olarak görülmektedir. Geleneksel muhasebe sisteminde bu kayıtlar çift taraflı olarak ayrı defterlerde gösterilmekte iken blok zincir temelinde taraflar işlemlerini ayrı defterlerde değil, birbirine bağlı muhasebe kayıtları seti şeklinde tek bir defterde izlemekte ve böylece sistemin üçüncü tarafı oluşmaktadır **(Güngür, 2019, 160–161).**

Blok zincir teknolojisinin muhasebe alanında ortaya çıkardığı üç taraflı kayıt sistemi, zincirdeki her kullanıcının benzersiz ve devredilemez dijital imzaları sayesinde mevcut muhasebe sistemlerini dönüştürmektedir. Üç taraflı kayıt sistemi, eşten eşe iki kullanıcı arasında doğrudan bir bağlantı sağlamakta ve üçüncü bir taraf ihtiyacını ortadan kaldırarak kaydı gerçekleştirilen işlemlerin doğruluğunu ağda yer alan düğümler vasıtasıyla sağlamaktadır. Bunun sonucunda da iç muhasebeciler, denetçiler ve uzmanların fatura, irsaliye gibi işlemlerin varlığını destekleyecek belgeleri düzenleme ve muhasebe sistemleri ile doğruluğunu sağlama gereksinimi ortadan kalkmakta, bunu gereksinimleri zincirde yer alan ve tüm düğümlerce onaylanan kayıtlar sağlamaktadır **(Pedreño, Gelashvili ve Nebreda, 2021, s. 8).**

Üç taraflı kayıt sistemi ile kastedilen unsur, çift taraflı kayıt sisteminde değinilen borç-alacak gibi ikili bir sisteme yapılacak üçüncü bir giriş değildir. Anlatılmak istenen, çift taraflı kayıt düzenine göre tutulan muhasebe defterlerinin blok zinciri teknolojisi

kullanılarak aynı kayıtların eş zamanlı olarak küresel bir defterde saklanması ve tüm taraflarda birer kopyasının olmasıdır. Böylelikle çift taraflı yaratılan ve borç-alacak ilişkisine dayanan bir muhasebe kaydı, kritptografik olarak blok zincir ağında eş zamanlı olarak kaydedilecek, her iki tarafın kendi iç sistemlerinde bir daha değiştirilemeyecektir. Blok zincir teknolojisi sayesinde muhasebesel işlemler, tarafların kontrolünde yer alan farklı defterlerden ziyade zincir ağında yer alan ortak bir defterde birbirine bağlı muhasebe kayıtları seti şeklinde yer alacaktır **(Dinçel, 2020, s. 105).**

Blok zincir ağında işlemler ağdaki katılımcılar tarafından onaylanmakta olup, işlemlerde meydana gelecek herhangi bir değişiklik de ağda yer alan düğümlerin onayına tabidir. İşlemlerdeki değişikliğin eş zamanlı takibi sayesinde blok zincir teknolojisi aynı zamanda gerçek (eş) zamanlı bir denetim olanağı da sunmaktadır. Gerçek zamanlı denetim sayesinde muhasebe sistemlerindeki tüm işlemlerin gerçekliği ve tutarsal doğruluğu zaman damgalı olarak takip edildiğinden, denetçilerin zamanının büyük çoğunluğunu işlemlerin gerçekliğini ve tutarsal doğruluğunu araştırmaktan ziyade denetim sürecinin başka alanlarına kaydırabilmeleri mümkün olmaktadır. Bu sayede denetim riski de azalmaktadır. Sonuç olarak da hileli finansal raporlama durumlarının tespiti ve önlenmesi mümkün hale gelmektedir **(Alkan, 2021, s. 52).**

Blok zincir teknolojisinin muhasebe alanına entegrasyonu ile ilgili pek çok çalışma günümüzde de devam etmektedir. R3 konsorsiyumu, blok zincir teknolojisi ile bankalar arasındaki mutabakatı sağlayan bir yazılım geliştirmeye çalışmaktadır. Sadece ilgili bankaların kayıtları görebileceği özel bir ağ yapısı üzerinden kayıtların tüm bankalarca istenildiğinde doğrulanabilmesi amaçlanmaktadır **(Hazar, 2018, s. 51).** Bununla birlikte, pek çok yazılımsal girişim de bu alanda faaliyetlerine devam etmektedir. İsviçre merkezli Banana firması, aylık muhasebe hareketlerinin banka uyumunu "işlemsel hareketleri kilitleme emri (command to lock the movements)" olarak adlandırdıkları sistem sayesinde muhasebe sistemlerini blok zincir teknolojisi ile birleştiren bir yazılım olan Banana Accounting uygulamasını geliştirmiştir **(Banana Accounting, 2020).** A.B.D merkezli Sara Technologies Inc. Firması da "The Savior" olarak adlandırdıkları blok zincir muhasebe sistemi yazılımı üzerinde çalışmalarını sürdürmektedir **(Sara Technologies, 2021).**

BÖLÜM IV

BLOKZİNCİR (BLOCKCHAIN) TEMELLİ VERGİLEME

Blok zincir teknolojisinin tanımı, tarihsel gelişimi, mimarisi, avantaj ve dezavantajları ve kullanım alanları hakkında bilgilerin paylaşılmasını takiben bu bölüm ve akabinde, bu teknolojinin vergi alanında kullanılıp kullanılamayacağı, hangi vergi türleri açısından daha etkin bir teknoloji olabileceği gibi hususlara mevcut literatür ve vergi kanunları çerçevesinde değinilecektir.

4.1. Blok zincir Teknolojisinin Vergisel İşlemlere Uygulanabilirliği

Blok zincir teknolojisinin mevcut gelişimi izlendiğinde, bankacılık ve finans, sağlık, tapu işlemleri, dijital kimlik, tedarik zinciri gibi pek çok sektör ve uygulamaların yanında bu teknolojinin muhasebe ve vergi alanına da temas edebileceği hususunda araştırmalar ve çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle, vergisel anlamda teknolojik alt yapının gelişmiş olduğu ülkelerde bu yeni teknolojinin adaptasyonunun daha kolay olabileceği yönünde bir kanı varken, Boston Üniversitesi'nden R.T. Ainsworth ve Florida Üniversitesi'nden Musaad Alwohaibi, Körfez Arap Ülkeleri İşbirliği Konseyi'ne üye olan ülkelere önermiş olduğu ve vergisel ödemelerde kullanılabilecek blok zincir tabanlı VatCoin uygulamasını içeren çalışmasının sonuç bölümünde, körfez ülkeleri gibi merkezi bir vergi sistemi ve altyapısı bulunmayan ülkelerde bu yeni teknolojinin daha kolay adapte olabileceğini ifade etmektedir **(Richard T Ainsworth ve Alwohaibi, 2017, 17–18).**

Literatürde, blok zincir teknolojisinin uygulanabilirliğine ilişkin yapılan çalışmalarda, çalışmaların "vergi tahsil yönetimi"(%56), "dolandırıcılığı önleme" (%24), "vergisel veri paylaşımı" (%8), "vergi denetimi" (%8) ve "vergi uyumu" (%4) alanlarında tanımlandığı görülmektedir. Vergi tahsil yönetimi alanlarındaki çalışmaların ise %40'ının KDV, %16'sının Gelir Vergisi ve %16'sının ise diğer vergi türleri (damga vergisi, temettü üzerinden alınan gelir vergisi, gümrük ile ilgili vergiler) ile ilgilendiğini göstermektedir **(Dourado, Silva, Peres ve Díaz, 2022, 123–125).**

Blok zincir teknolojisinin vergi alanında uygulanabilirliğinin değerlendirildiği ve Küresel Blok zincir Çalışma Konseyi'nin (Global Blockchain Business Council-GBBC) hazırlamış olduğu raporda, bu teknolojinin uygulanabilirliği 6 ana başlık altında ("dijital kimlik", "yasal ve düzenleyici zorluklar", "vergisel veri modeli", "blok zincir yönetimi",

"mahremiyet ve şeffaflık", "gelecekteki gelişimlere ve iş hedeflerine yönelik görüşler") değerlendirilmiştir **(GBBC, 2021).**

Söz konusu raporda, bu teknolojinin uygulanabilirliği hususunda önemli adımlardan biri; tek bir veri havuzuna bağlı olmayan, merkeziyetsiz, herkesin kendi verileri üzerinde daha çok kontrol sağlayabildiği ve nasıl, ne zaman ve kimle paylaşılabileceği hususunda daha özerk bir yapı sunan, "***bireysel egemen kimlikler***" (SSIs-self sovereign identities) olarak anılabilecek dijital kimlikler oluşturulmasıdır. Dağıtılmış defter teknolojisindeki gelişmeler, bu dijital kimliklerin, ***doğrulanabilir kimlik*** (VCs-verifiable credentials) veya ***merkeziyetsiz kimlik*** (DIDs- decentralized identifiers) şeklinde evirilmesine ve birbiriyle daha ilişkili, daha dijital ve daha esnek hale gelmesine neden olabilecektir. Bu sayede vergisel gereksinimler, diğer kamusal hizmetlerle (adalet, sosyal hizmetler) ve kamu destekli kuruluşlarla daha uyumlu ve müşterek çalışabilir (interoperability) hale gelebilecektir. Bu kimliklerin kamunun ulusal, bölgesel veya yerel olarak tanımlanan çok katmanlı unsurlarında yer alan işlemlere uygulanabilmesi de arzu edilen bir durum olacaktır **(GBBC, 2021, 5–7).**

Blok zincir teknolojisinin vergi alanında uygulanmasında, oluşturulacak sistemin mevcut mevzuata yönelik yasal ve düzenleyici yönünün de değerlendirilmesi gerekmektedir. Blok zincir altyapısı için gereksiz olan kuralların (onaylayıcı dokümanlar gibi) elimine edilmesinin yanında, sistemin bireysel mahremiyet, genel veri koruma yasaları (general data protection regulation) ve unutulma hakkı (right to be forgotten) gibi yasal düzenlemelere uyumluluğu, rekabet hukukunun gözetilmesi gibi ulusal ve uluslararası vergi mevzuatları ile uyumlu bir teknolojik alt yapının benimsenmesi de önem arz etmektedir **(GBBC, 2021, 7–10).**

Blok zincir vergi uygulamalarına ilişkin veri modelleri açısından, dağıtılmış defter teknolojisinin küreselleşme ve dijitalleşmenin artmasına uygun olarak, hükümetlere vergi gelirlerini toplama sürecinde daha etkin bir yönetim sunma fırsatı bulunmaktadır. Bilginin tahrif edilmesini engelleyici yapısı sayesinde bu teknoloji, vergiden kaçınma (tax avoidance) vakaları ile mücadelede yardımcı olmakta ve politika karar vericilerini daha şeffaf ve izlenebilir veri yönetimi ile desteklemektedir. Bununla birlikte, işletmeler ve bireylerin vergi bildirimlerini daha kolay ve etkin şekilde yerine getirmelerini sağlamakta, günümüzdeki vergisel işlem karışıklığını daha açık ve basit hale getirebilmektedir. Bu yönüyle blok zincir veri yapısına ilişkin uzlaşı mekanizmalarının, güvenlik ve sistemik risk unsurlarının iyi bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir **(GBBC, 2021, 10–11).**

Vergiye yönelik bir blok zincir altyapısı özel yönetim düzenlemelerine ihtiyaç duymaktadır. Vergi yükümlüleri ile vergi idaresi arasında etkin bir model oluşturulması hususunda yönetimsel düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Blok zincirin çok paydaşlı bir sistemi teşvik etmesi, her kesimin üstleneceği rolün açıkça tanımlanması gerekmektedir. Bu minvalde oluşturulacak sistemin vergi yükümlüleri ve vergi otoritesi arasındaki vergisel işlem belirliliğini sağlaması, ağ işlemlerini yürütenlerin kimliklerinin belli olması, ağa kaydedilen vergisel bir işlemin kesin olması, vergi yükümlülüklerinin haklarının ve ticari sırların korunması gibi hususlarda etkin olması beklenmektedir. Bununla birlikte sistem geliştirme ve bakımı ile ilgili, üyelik ve üyeler arası iletişim ile ilgili ve nihayetinde karar verme mercii ile ilgili rollerin de belirli ve açık olması gerekmektedir. Sistemin bu şekilde işleyişini belirleyen bu yönetimsel unsurlara yönelik her bir paydaşın gereği gibi temsil edilebileceği kapsayıcı bir yönetim kurulunun oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır **(GBBC, 2021, 12–14).**

Oluşturulacak sistemin mahremiyet ve şeffaflık arasındaki dengeyi sağlayıcı etkin bir yapıda olması gerekmektedir. Sistemde yer alan paydaşların mahremiyet ile şeffaflık ile ilgili beklentileri yönünden oluşturulacak denge, hangi teknolojinin uygulanması gerektiği yönündeki kararı da etkileyecektir. Bu karar söz konusu teknolojik dönüşümün öznesi durumunda olup, sistemde yer alan vergi ile ilgili verilerin özel veriler mi yoksa herkese açık şeffaf veriler mi olması gerektiği hususundaki ayrımı şekillendirmektedir. Sıfır bilgi ispatı (ZKP-Zero-Knowledge proof) gibi teknolojiler bu konuda çözüm sunabilmektedir. Zira bu algoritmanın uygulanması ile bir taraf diğer tarafa bir x değerini bildiğini kanıtlarken, bu x değerini bildiği gerçeğinden başkaca herhangi bir bilgiyi ulaştırma ve ispat sorumluluğu bulunmamaktadır.

Blok zincir teknolojisinin uygulanabilirliğine yönelik yukarıda değinilen temel varsayımların yanında, bu teknolojiyi vergisel işlemlere uygulayan ülkelere değinmek gerekirse, bu teknolojiyi herhangi bir vergi türünde tam bir şekilde entegre edebilen ülke bulunmamakla birlikte, buna ilişkin çalışmaların sürdüğü ve deneysel platformların oluşturulduğu ülkeler mevcuttur.

4.1.1.Tayland

Tayland Gelir İdaresi, 17 Ocak 2020 tarih ve 10/2020 sayılı duyuru metni ile turistlerin vergi iadesine yönelik blok zincir tabanlı bir uygulamanın yürürlüğe girdiğini açıklamıştır. Söz konusu açıklamada, yaratılan blok zincir tabanlı web uygulamasının

Gelir İdaresi başkanlığında Gümrük İdaresi, Göç Bürosu ve devlet destekli Krung Thai Bankası iş birliği ile gerçekleştirildiği açıklanmıştır **(Department of Revenue, 2020).**

"Application Tahiland VRT" olarak isimlendirilen mobil uygulama, turistlerin aldıkları mal ve hizmetlerin tarihsel dökümünü ve KDV iade verilerini sürekli bir şekilde kontrol edebildikleri tamamen dijital bir sistem sunmaktadır. İlaveten, Gelir İdaresi; Gümrük İdaresi, Göçmen Bürosu ve Krung Thai Bankası ile iş birliğine girerek ihraç edilen ürünlerin durumu kontrol etme ve denetimlerin kâğıt ortamından ziyade elektronik ortamda yapılmasını sağlayacak bir internet uygulaması geliştirme amacını taşımaktadır. Geliştirilecek bir uygulama ara yüzü sayesinde tacirler, turistlerin satın aldığı mal ve hizmetleri VRT sistemine dijital olarak gönderebileceklerdir.

Blok zincir tabanlı olarak geliştirilen bu uygulama sayesinde 5000 iş yerinin sisteme entegre edilmesi ve hatta hava alanlarının da sistem içine dâhil edilerek sistemin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bankanın desteklediği blok zincir sistemi sayesinde turistler, Alipay, WeChat, Visa, Mastercard gibi çeşitli kanallardan KDV iade işlemlerini kontrol edebilecektir.

Tayland Gelir İdaresinin dijital dönüşüm projelerinden biri de, KDV ödemelerini izlemeye yönelik blok zincir tabanlı bir sistemin geliştirilmesi üzerinedir. Geliştirilecek blok zincir tabanlı uygulama sayesinde, KDV faturalarının onaylanması ve bu yolla sahte fatura yolu ile iade taleplerinin önüne geçilmesi beklenmektedir. Vergi kaçakçılığını önleme amacıyla, Gelir İdaresi, vergi dolandırıcılığı yöntemleri üzerinde yoğunlaşacak makine öğrenimi ve yapay zekâ uygulamalarına odaklanmakta olup bu sayede vergi ödemelerini etkin bir şekilde gözden geçirmeyi ve daha fazla insanı vergi sistemi içine çekmeyi planlamaktadır **(Chantanusornsiri, 2018).**

4.1.2. Estonya

Estonya, e-devlet yönetim sistemleri üzerinde dünyada farkındalık yaratan ülkelerden biridir. 1998-2001 yılları arasında, tek çatı olarak veri tabanlarına 7/24 erişim hedefiyle ve X-tee projesi olarak başlayan dijitalleşme süreci, 2001 yılında X-Road olarak ortaya çıkan sistemle gelişimini sürdürmüştür. Esasen Estonya'nın tamamıyla yeni bir teknoloji olarak ortaya çıkmaktan ziyade, mevcut teknolojilerin harmanlanarak devlet yönetimi içine entegre ettiği bu özgün tasarım, daha sonra Finlandiya ile imzalanan protokoller neticesinde devletlerarası bilgi ve veri değiş tokuşunda da kullanılmıştır. İlave olarak Estonya devletinin geliştirdiği bu teknoloji, 2002 yılında Sri Lanka, Kırgızistan,

Tacikistan ve Azerbaycan gibi çeşitli ülkelerle deneyim olarak paylaşılmış ve daha sonra açık kaynak kodlarının herkese açık hale getirilmesi ile birlikte El Salvador ve Faroe Adaları gibi ülkelerde çeşitli devlet hizmetlerinde kullanılmıştır **(Nordic Institute For Interoperability Solutions, 2016).**

X-Road, Estonya'nın kamu ve özel sektörü içindeki çeşitli e-devlet servislerini destekleyen, içinde çeşitli ara yüzler, güvenlik servisleri ve mevcut yasal ve düzenleyici çerçeveyi barındıran bir iş birlik platformudur. Sistemin ana amacı, dijital teknolojileri kullanarak çeşitli kamu kuruluşlarını birbirine bağlamak ve devlet yönetimini bu yolla rahatlatmaktır. X-Road, paylaşımı yapılan verilerin gerçekliğini, bütünlüğünü ve inkâr edilemezliğini, gönderilen verilerin dijital olarak imzalanması ve şifrelenmesi ile birlikte alınan verilerin ise onaylanmış ve sisteme kayıt edilmiş halde olması sayesinde sağlayan iletişim kanalları ile gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda X-Road, ikamet, çocuk yardımı, sürücü belgelerinin onaylanması, e-sağlık, e-reçete, yargı ve polis hizmetleri gibi hizmetlerle birlikte *vergilerin elektronik olarak beyanı (e-tax)* hizmetlerinde de kullanılmaktadır **(Martinovic, Kello ve Sluganovic, 2016, s. 9).**

X-Road, internet üzerinden açık kaynaklı bir veri değişim platformu olup, kamu kuruluşlarının dağınık haldeki bilgi sistemleri arasındaki işbirliği katmanlarını merkezi çatıda yöneten bir sistemdir. Servis sunucularının ve kullanıcılarının kimlikleri merkezi olarak operatör tarafından korunmakta ve veri değişimine ilişkin tüm kanıtlar yerel olarak veri değişim taraflarınca saklanmaktadır. Herhangi bir üçüncü tarafın veriye erişimi bulunmamaktadır. Zaman damgası ve dijital imzalar, verilerin inkâr edilemezliğini garanti altına almaktadır. Bu iki unsur Merkle Ağacı (Merkle Hash Trees) prensibi üzerinde çalışmakta olup, bir veri kümesine işlenen mesajlar bir birine hash zinciri ile bağlanmaktadır. Bu hash zincirleri sayesinde seçilen bir mesajın mevcut küme imzasının (batch signature) içeriğini oluşturduğu teyit edilebilmektedir. X-Road sistemindeki mesajları içeren veriler (kümeler), tıpkı blok zincir sistemlerinde olduğu gibi kriptografik hash fonksiyonu ile birbirine bağlanmaktadır. Ancak bu husus X-Road sisteminin bütünüyle bir blok zincir örneği olduğu anlamına gelmemektedir **(Kivimäki, 2018).**

X-Road uygulamasının tam anlamıyla bir blok zincir örneği olup olmadığı yönünde tartışmalar sürmektedir. Bununla birlikte Estonya devletinin E-Estonia uygulamaları çerçevesinde geliştirme aşamasında olduğu bir blok zincir girişimi (KSI Blockchain) de mevcuttur. *Semenzin ve diğerleri*, blok zincir tabanlı uygulamaları yönetimsel düzeyde inceledikleri literatür çalışmasında, X-Road uygulamasının, KSI dâhil herhangi bir

dağıtık defter sisteminden farklı bir yapıyı ihtiva ettiğini belirtmektedirler **(Semenzin, Rozas ve Hassan, 2022, s. 10).**

Süregelen bu tartışmalar ışığında e-vergi (e-tax) hizmetini ihtiva eden X-Road sistemi tam bir blok zincir sistemi olarak görülmese de blok zincir mantığına yakın bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. E-vergi hizmeti, diğer kamu kurumları ve ilgili kuruluşlardan elde edilen veriler ışığında, mükelleflerin önceden doldurulmuş beyan (pre-filled declaration) durumlarını görebildikleri ve ortaya çıkan yanlışlıkları düzeltebildikleri bir hizmetle başlamaktadır. Önceden doldurulan bu bilgiler, bankalar, işverenler, sosyal güvenlik kuruluşları, merkezi kayıt kuruluşları gibi çeşitli kaynaklardan vergi idaresinin veri tabanına aktarılan bilgiler üzerinden hazırlanmaktadır. Tüm bu veriler, X-Road üzerinde birbirine bütünleşmiş enformasyon sistemleri sayesinde vergi idaresi ile paylaşılmaktadır **(Republic of Estonia Ministry of Economic Affairs and Communications, y.y.).**

Estonya'nın mükelleflere yönelik vergi beyanlarının blok zincir özellikleri taşıyan X-Road sistemine entegre edilmiş e-tax uygulaması ile gerçekleştirildiği görülmektedir. X-Road, kamu kuruluşlarına ait enformasyon sistemleri arasında internet tabanlı güvenilir veri transferini esas alan teknolojik ve organizasyonel bir dünyadır. Estonya'da tüm belge ve istatistik veri üreticilerinin X-Road üyesi olması zorunluluktur **(CEF, 2020).** Dolayısıyla, söz konusu ülkede uygulanan beyan sistemi, tam anlamıyla bir blok zincir özelliği taşımasa da, kriptografik şifreleme ve hash zincirleri vasıtasıyla bilginin veri kümelerine zaman damgası ve dijital imzalar gözetilerek bağlanması blok zincir mantığını anımsatmaktadır.

4.1.3. Çin Halk Cumhuriyeti

Blok zincir teknolojisine yönelik yatırımların önem arz ettiği Çin Halk Cumhuriyeti'nde, teknoloji sektörünün önemli firmalarından Tencent, 10 Ağustos 2018 tarihinde yayımladıkları haberle, bu tarih itibarıyla Çin'in ilk blok zincir tabanlı elektronik fatura uygulamasının Shenzhen kentinde gerçekleştirildiğini açıklamışlardır. Shenzhen Vergi Dairesi ve Tencent firması öncülüğünde geliştirilen bu pilot uygulamada "The International Trade Revolving Restaurant, Bao'an District Sports Center, Kaixin Auto Trading CO. ve Tencen Image Cafe olmak üzere dört adet vergi mükellefi, sisteme entegre edilen ilk tacirler olmuştur. Söz konusu vergi dairesi ve Tencent firmasınca geliştirilen bu

pilot uygulama "WeChat Ödemesi- fatura düzenleme- iade" senaryolarını içeren ve 360 derece fatura yönetimi olarak adlandırılan bir sistem geliştirmiştir **(Tencent, 2018).**

Çekirdek zincir ve *işletme düğüm zinciri* olmak üzere iki katmanlı bir zincir yapısına sahip olan bu blok zincirde, Shenzen Vergi İdaresi çekirdek zinciri oluşturmaktadır. Bu çekirdek zincir, işletme düğümlerince gönderilen verileri toplar, değerlendirir ve onaylar. Bu zincir aynı zamanda Devlet Gelir İdaresi (STA) intraneti ile bağlantılıdır. İşletme düğümleri ise blok zincirde yer alan işletme birimlerinin sisteme katılımını destekler ve çekirdek zincirle bağlantının "router gateway" denilen ağ geçitleri üzerinden sürdürülmesini sağlar. İşletme düğüm blok zinciri üzerinde yer alan bu düğümler sadece vergi ile ilişkili verinin saklanmasını yapabilirler ve blok zincirin tamamı üzerinde herhangi bir veri işleme yapamazlar.

Bahsedilen bu vergi blok zinciri, **dijital varlık** ve **bilgi değişim** alt zincirleri olmak üzere *nitelik olarak* iki alt zincire ayrılabilir. Dijital varlık alt zinciri bu varlıkların sahipliği ve e-fatura ve vergi sertifikaları gibi akıllı sözleşmelerin yürütülmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Blok zincirin e- fatura modeli, bir tarafın gerçekleştirdiği vergisel bir işlem nedeniyle düzenlediği elektronik faturayı, diğer tarafça ilgili işleme ilişkin online ödeme süreci ile ilişkilendirmektedir. Bu sayede *blok zincir e- faturaları*, işlem verileri, ödeme bilgileri ve vergi otoritelerince kullanılabilecek ve taraflarca girilen tüm bilgileri içeren kapsayıcı bir veri seti haline gelmektedir. Bu model ayrıca tüm fatura sürecinin vergi indirimi ve vergi iadesini de içerecek şekilde yönetimine imkân sağlamaktadır. Bir firmanın mevcut fatura kotasını doldurmasına rağmen fatura düzenleyip düzenlemediğini, vergi uyumunda riskli statüde bulunup bulunmadığını tespit edebilen e-fatura modeli, blok zincir sayesinde beklenen risklerin de kontrolünü de sağlamakta ve sahte fatura kullanımını engelleyebilmektedir.

Bilgi değişim alt zinciri ise, çeşitli kamu kuruluşları arasındaki işbirliğini etkin hale getiren bir bilgi değişim zinciridir. Vergi matrahından indirime konu olan sağlık sigortaları, işsizlik sigortaları, eğitim masrafları, hastalık giderleri, kira giderleri vb. harcamamaların takibi, çeşitli kamu kuruluşlarından gelecek veri transferleri ile yakından ilgilidir. Bu alt zincir sayesinde, vergi mükelleflerinin manuel olarak girdiği bu bilgilerin, blok zincir üzerinde ilgili kuruluşlarca yapılacak veri transferi neticesinde otomatik olarak elde edilmesi, vergi gayretini artıracak ve vergi uyum giderlerini azaltabilecek uygulamalardır. Bu alt zincir, çapraz zincir teknolojisi sayesinde firmalar, finansal kuruluşlar ve vergi otoritesinin bilgi paylaşabileceği bir veri kanalı da yaratabilmektedir. Dolayısıyla finansman kredisine başvuracak bir firmanın vergi ödeme gücüne ilişkin

durumu, düzenlediği satış faturaları üzerinden finansal durumu gibi ilişkili bilgiler banka ve benzeri finansal kuruluşlarca rahatça takip edilebilecektir. Bununla birlikte Shenzhen vergi idaresi, Shenzhen gümrük idaresi, People's Bank of China Shenzhen şubesi ve Shenzhen kamu güvenlik bürosu arasında oluşturulacak bir bilgi değiş-tokuş platformu ile vergi kaçakçılığı gibi illegal aktivitelerin önüne geçmesi de hedeflenmektedir **(Xu ve Zhang, 2022a, 135–137).**

Bu gelişmelerle birlikte, Shenzhen şehri başta olmak üzere Çin Halk Cumhuriyeti'nin çeşitli şehirlerinde blok zincir tabanlı e-fatura sistemlerinin belediye hizmetlerinde kullanıldığı da görülmektedir. WeChat veya AntChain gibi blok zincir platformları üzerinden gerçekleşen e-fatura uygulamaları neticesinde, belediyelere ait metro istasyonlarında yolcuların kullanımına sunulan biletler geliştirmiştir. Dolayısıyla blok zincir üzerinden gerçekleştirilen e-fatura düzenlemelerinin kullanım alanlarına ilişkin somut örnekler Çin Halk Cumhuriyeti'nde görülmektedir.

4.1.4. Hollanda

Hollanda'da, blok zincir temelli projelerin devlet kuruluşları öncülüğünde gerçekleştirilen proje çalışmaları mevcuttur. Hollanda vergi idaresinin de katılımcı kuruluş olarak sorumluluk üstlendiği projelerden biri blok zincir temelli "Emeklilik Altyapısı Projesi" olarak adlandırılabilecek "The Pension Infrastructure (PI)" projesidir. APG ve PGGM olarak bilinen Hollanda'nın en büyük iki emeklilik firması iş birliğinde ve Hollanda Gelir İdaresi ile Hollanda Sermaye Piyasası Kurulu (AFM)'nun hükümet kanadını oluşturduğu bu pilot projede amaç, blok zincir ödeme sistemleri (örneğin bitcoin gibi) ile emeklilik ödeme sistemleri arasındaki benzerlikten faydalanarak blok zincir tabanlı bir emeklilik sistemi yönetimi oluşturulması ve bu yolla vatandaşların daha şeffaf ve esnek bir yönetime ulaşmasının ve mevcut sistemin yönelim maliyetlerinin düşürülmesidir. Projede vergi idaresinin fonksiyonu ise birçok emeklilik fonları arasından herhangi bir spesifik bireyin yapmış olduğu emeklilik katkısının bir bütün olarak görülmesini sağlamak ve takibini yapmaktır **(Allessie, Sobolewski ve Vaccari, 2019, 38–39)**.

Bu teknolojiye yönelik bir başka proje ise gelir stopaj vergisine yönelik yapılan çalışmadır. Hollanda Gelir İdaresi (NTCA) blok zincir teknolojisi ile yeni bir ücret kesinti platformunun tasarımına yönelik çalışma yürütmektedir. Bu çalışmada kesinti yapmakla sorumlu işverenler, işçiler ile kendileri arasında geliştirilecek akıllı sözleşmelerin

uygulanması neticesinde bu sorumluluktan ve aracılık fonksiyonundan arındırılmaktadır. Bu akıllı sözleşmeler vergi idaresinin mevcut olduğu bir merkeziyetsiz bir blok zincir ağına entegre edilmekte, işverenlerin işçilere yapmış olduğu maaş ödemeleri üzerinden bu sözleşmeler vasıtasıyla gelir stopajı otomatik olarak hesaplanmaktadır. Bu sayede işçilere net ücret ödemesi ulaştırılırken, kesilen gelir vergisi otomatik olarak hazineye intikal etmektedir **(J. Li, Bao, Hu, Hu ve Zerbino, 2020, s. 55).**

Stopaj kesintilerinin blok zincir tabanlı yapılmasına yönelik Hollanda uygulamasında, blok zincir projesinin gerçek dünyada elde edilen verilerle uyumluluk düzeyini gösteren kavram kanıtı (proof of concept) esas alınmaktadır. Böylelikle geliştirilecek akıllı sözleşmelerin işverenlerin sorumlu sıfatı ile yürüttüğü aracılık faaliyetini ortadan kaldırılması neticesinde, sözleşme yazılımı sayesinde otomatik olarak kesilen stopaj vergisinin, gerçek dünyada hazineye intikal edilen vergilerle uyumunun kanıtlanması sağlanmaktadır. Sistem içinde vergiye ilişkin verinin akıllı sözleşmelerin hesapladığı vergi ve sosyal güvenlik kesintileri ile örtüşmesi neticesinde işçiye sadece net ödeme gitmekte olup, hazine açısından ise söz konusu vergi gelirini otomatik olarak tahsil etme kabiliyeti ortaya çıkmaktadır. Böylelikle işlem zamanı ve maliyeti önemli ölçüde düşmekte, işverenler açısından ise ödeme zamanlarındaki nakit akışı problemleri ortadan kalmaktadır **(Blankestijn, 2017, s. 43).**

Blok zincir teknolojisi üzerine çalışmalar yapan Hollanda merkezli Summitto firmasının, gerçek zamanlı ve güvenilir bir KDV raporlama sistemi geliştirilmesine yönelik girişimleri bulunmaktadır. TX++ adını verdikleri bu proje, blok zincir tabanlı, merkezi olmayan bir veri tabanında saniyede yaklaşık 700 faturanın işlem görebileceği bir proje olup, proof of authority (PoA) uzlaşı mekanizması sayesinde sisteme entegre olan yetkilendirilmiş belli başlı kullanıcıların uzlaşma sürecini yürüteceği ve bu yolla enerji ve zaman tasarrufu sağlayan bir uygulama prototipi üzerinde çalışılmaktadır. Bir vergi mükellefinin sisteme yüklediği faturalarda, vergi idaresince sadece faturanın şifrelenmiş parmak izinin (veya biricik fatura numarasının) görülebileceği ve bu yolla başarılı bir veri ihlali olsa bile, hackerların elde ettikleri verileri kullanamayacağı bir güvenli sistemin yaratılması amaçlanmaktadır **(Summitto, 2020).**

4.1.5. Finlandiya

2010 yılının başından itibaren vergi sistemlerini dijitalleştirme üzerine çalışan Finlandiya, 2013 yılında Finlandiya Vergi İdaresi'nin (VeroSkatt) VALMIS projesi

çerçevesinde yürüttüğü çalışmalar sayesinde vergi ile ilgili 70 bilgi işlem servisini tek bir çatı altında birleştirmeyi başarmıştır. GenTaX adı verilen yazılım sistemi 2016 yılından itibaren değişik vergi türlerini sistemine entegre etmeye başlamış ve nihayetinde 2019 yılında bütün vergi türleri artık tek bir sistem üzerinde birleştirilmiştir. Vergi mükellefleri açısından ise vergisel işlemlerin takibinin yürütülmesi için MyTax adı verilen bir e-hizmet kanalı oluşturulmuştur **(VeroSkatt, 2021).**

GenTax yazılımının sürekli kontrolünün sağlanması ve e-mail sisteminin takibinin yapılabilmesi amacıyla 30 adet yazılım robotunun kullanılması, MyTax platformunda vergi mükelleflerine rehberlik etmek üzere Virtanen adı verilen iletişim robotlarında yapay zekâ teknolojisinin kullanılması gibi uygulamalar, Finlandiya Gelir İdaresi'nin (VeraSkatt) dijitalleşmeye vermiş olduğu önemi ortaya koymaktadır **(PwC, 2022, s. 36).**

Finlandiya Sosyal Güvenlik Kurumu (Kela) ile TietoEVRY firması, blok zincir teknolojisi esas alınarak 2019 yılında "Akıllı Para (smart money)" adı verilen bir pilot uygulamayı ortaya çıkarmıştır. Söz konusu uygulama, psikoterapik rehabilitasyon alanındaki tazminat ödeme garantilerinin daha basit ve otomatik hale geldiğini ortaya çıkarmıştır. Akıllı paraların kullanılması ile sosyal güvenlik kurumu, vatandaşların almış olduğu tedavi seansları hakkında gerçek zamanlı ve güvenilir bilgileri elde etme imkânına kavuşmuştur. Böylece tazminat ödemesine ilişkin kâğıt ortamındaki işlemlerin ortadan kalkması planlanmaktadır **(Ofori ve diğerleri, 2020).**

Finlandiya'da blok zincir teknolojisinin vergi birimlerince kullanılabilmesi olasılığı ciddi bir biçimde dikkate alınmaktadır. Örneğin, vergisel bilgilerin faturalarda yer alan QR kodu ile doğrudan kayıt altına alınabilmesi seçeneği üzerinde çalışılmaktadır. Diğer taraftan, Finlandiya hükümeti, birçok blok zincir platformu tarafından üretilebilecek sanal paraların çoğalması hususunda endişeler taşımakta ve bu durumun vergi otoritelerince etkin bir şekilde izlenebilmesi, vergisel işlemlerde bu paraların kullanılabilmesinin kontrolü zorlaştırabileceği düşünülmektedir **(Owens ve de Jong, 2017, s. 609).** Her ne kadar bu endişeler mevcut olsa da, Finlandiya Vergi İdaresi, bankalar ile birlikte yürüttüğü çalışmalarda, gayrimenkul işlemlerini takip etmek üzere blok zincir teknolojisi kullanılarak pilot proje geliştirmekle birlikte blok zincir tabanlı bir katma değer vergisi sistemi üzerinde de çalışmalar yapmaktadır **(Delmotte, 2022, s. 5).**

Bununla birlikte, her ne kadar gelir idaresi ile ortak yürütülen bir çalışma olmasa da, Finlandiya'da mukim Futurice firması, çalışanların çalışma sürelerini kayıt altına alan bir blok zincir tabanlı uygulama geliştirmiştir. Ethereum blok zinciri üzerinde oluşturulan ve dağıtık defterde kayıtlı bulunan bu veriler her ay sonunda muhasebe departmanına

iletilerek çalışanların hak ettiği ödemeler akıllı sözleşme üzerinden hesaplanmaktadır **(Owens ve de Jong, 2017, s. 604).** Söz konusu firma, çalışanların fazla mesaisi ve primlerinin hesaplanması üzerine inşa ettikleri bu uygulamayı siber saldırı olasılığına karşı riskli bir tercih olarak görse de, mevcut uygulamaya nazaran blok zincir tabanlı bu sistemin daha az masraflı ve daha güvenilir olduğunu ifade etmektedir **(GBBC, 2021, s. 27).**

4.1.6. İsveç

İsveç hükümet ofisi (Regeringskansliet) tarafından Bling Projesi çerçevesinde 17.06.2019 tarihinde hazırlanan "İsveç kamu sektöründe Blok zincir" isimli çalışmada, dijitalleşmeye önem verildiği ve hatta bu amaçla kamu yönetiminde dijitalleşmeyi desteklemek ve koordine etmek üzere 2018 yılında "Dijital Hükümet Ajansı (DIGG)" kurulduğu belirtilmiştir. İlgili çalışmada kamu yönetiminde blok zincir teknolojisinin kullanılmasına yönelik herhangi bir hukuki düzenleme ve özel bir program bulunmadığı ancak devlet destekli İsveç Araştırma Enstitüsü (RISE) özelinde sektörel araştırmalar olduğu ifade edilmektedir. Otomotiv, oyun, metal sanayi ve tarım sektörlerinde yapılan araştırmalara ek olarak, İsveç Vergi İdaresi'nin faturaların dijitalleşmesi ve İsveç Kamu İstihdam Servisi'nin ise çalışanların istihdamının gözetimine yönelik blok zincir tabanlı ulusal projeler yürüttüğü ifade edilmektedir **(Regeringskansliet, 2019, 14–15).**

İsveç Gelir İdaresi (Skatteverket), İsveç Muhasebe Enstitüsü (Far) ve üyeleri olan Deloitte, PwC, KPMG kuruluşları, uluslararası danışmanlık firması Kairos Future, İsveç kökenli teknoloji firması Visma, SEB (Skandinaviska Enskilda Bankası) gibi kurum ve kuruluşların yer aldığı dijital fatura projesi, blok zincir teknolojisi kullanılarak dijital faturaların işlenmesi, bireysel vergi mükelleflerinin sisteme katılımı, İsveç mukimi olmayanların gelir vergisi, şirketlerin enformasyon sistemleri olmak üzere alt başlıklar belirlemiştir. Proje mimarisi, dijital faturaların saklanmasına, birden fazla kullanılan sahte faturalar nedeniyle ortaya çıkacak hata ve riskleri düşürme, dijital işlemlerin ve işlem verilerinin gerçek zamanlı raporlanmasını ve muhasebe birimlerine aktarılmasını sağlama ve KDV kaçakçılığı riskini azaltma olarak tanımlanmıştır. Geliştirilecek sistemde iki merkezi uygulama (Certificate Authority ve Hash Registery) bulunmaktadır. "Certificate Authority" olarak tanımlanan ve bir veri tabanındaki tüm açık anahtarları barındıran belge yetkilendirici birimi, kullanıcıların ilk olarak kayıt olacağı birim olarak tanımlanmıştır. Bu birimde kayıtları bulunan kullanıcıların faturalarını dijital ortamda şifreleyeceği hash girişi

(hash registery) yapmaları gerekmektedir. Faturalar ilk olarak kriptografik hash fonksiyonuna sokulmakta ve dijital hale getirilmektedir **(Iteam, 2019, 1–18).** Sistem üzerinde çalışmalar halen devam etmekte olup, vergi idaresince kabul edilen ve yürürlüğe giren herhangi bir blok zincir uygulaması bulunmamaktadır.

4.1.7. Brezilya

Blok zincir teknolojisinin vergi idaresinde kullanımına yönelik hukuki olarak somut adımlar atan Brezilya Hükümeti, bu kapsamda da mevcut olarak kullanıma sunulmuş bir projeye de sahiptir. 21 Kasım 2018 tarihinde Brezilya Gelir İdaresi'nce (RFB) önerilen mevzuat değişikliği RFB, 1649/2016 numarasıyla yayımlanmış ve Federal Vergi Sistemi blok zincir teknolojisiyle tanışmıştır. Bu aşamada, blok zincir teknolojisinin yalnızca Federal hükümetin kendi departmanları arasında bilgi değişimi için kullanılacağı belirtilmiştir **(Deffenti, 2018).**

Brezilya vergi idaresinin geliştirdiği bu blok zincir projesi, mevcut durumda vergi mükelleflerine atanan vergi kimlik numaralarının (CPF) ve bu mükelleflerin vergisel bilgilerinin federal, eyalet ve belediye düzeyindeki tüm vergi idareleri ve düzenleyici kurumlarla paylaşımına yönelik oluşturulan ve "bCPF" adı verilen bir projedir. Geliştirilen bu projenin bir diğer aşaması ise aynı mantık çerçevesinde tüzel kişi kuruluşların blok zincir tabanlı bir sistem üzerinde birleştirilmesine ilişkin "bCNPJ" adı verilen bir blok zincir sisteminin oluşturulmasıdır **(Collosa, 2021).**

Brezilya hükümetinin dâhil olduğu bir başka blok zincir projesi ise, B-connect ismi verilen ve Güney Amerika Ortak Pazarı (Mercosur) ülkeleri olan Arjantin, Brezilya, Bolivya, Paraguay ve Uruguay gümrüklerini birbirine entegre eden blok zincir projesidir. Hyperledger Fabric ağı üzerinde geliştirilen bu projede ilgili ülkelerin gümrük hizmetlerine ilişkin servisleri bağlayan ve izin gerektiren (permissioned) bir blok zincir ağının oluşturulması planlanmaktadır. Ülkeler arasındaki ikili anlaşmaların akıllı sözleşmeler vasıtasıyla temsil edileceği söz konusu uygulamaya ilişkin test çalışmaları ve faaliyet ağının oluşturulması 2020 Kasım ayı itibarıyla tamamlanmıştır **(AFIP, 2021).**

4.1.8. Arjantin

Blok zincir teknolojisine yönelik somut adımların atıldığı bir başka ülke ise Arjantin'dir. Bu teknoloji, vergisel işlemlerin yanında diğer kuruluşlarca da somut olarak

uygulanmaktadır. Örneğin Arjantin Cumhuriyeti Resmi Gazetesi (El Boletín Oficial de la República Argentina), 15 Temmuz 2017 tarihinden itibaren resmi gazetenin elektronik baskılarının blok zincir teknolojisi kullanılarak onaylanmaya başladığını belirtmiştir. Böylelikle resmi gazete, kullanıcılarına elektronik baskıların gerçekliği ve varlığının ispatına yönelik doğrulayıcı yeni bir mekanizma ortaya çıkarmıştır **(El Boletín Oficial de la República Argentina, 2017).**

Arjantin'in vergi idaresi alanında blok zincir kullanımına yönelik çalışmaları, vergi mükelleflerinin *vergi yükümlülükleriyle* ve (iş kesintileri, şirket birleşme ve bölünmeleri gibi) *vergi durumlarına ilişkin bilgileriyle* alakalı resmi zorunluluklarının vergi idaresine bildirilmesine yönelik mevcut uygulamaların basitleştirilmiş mekanizması olarak ortaya çıkmaktadır. Tek Vergi Sicili (RUT- Federal Padrón) olarak tanımlanan bu yeni sistem, blok zincir teknolojisine dayanmakta olup, Arjantin Gelir İdaresi (AFIP), Arjantin Tahkim Komisyonu (COMARB) ve bağlı yargı mercileri arasında, vergi mükelleflerinin haklarını koruyacak şekilde güvenli ve çok yönlü bir programlama sistemine sahip bir veri transfer platformu olarak ifade edilmektedir **(Ministreo de Economia, 2019).**

İlaveten, Güney Amerika Ortak Pazarı üyesi olan Arjantin Devleti, üye ülkelerle gümrük idarelerinin birleştirilmesine yönelik b-Connect blok zincir ağı denemesini de test eden ülkelerden biridir.

4.1.9. Rusya Federasyonu

Rusya Federasyonu, blok zincir teknolojisini yakından takip eden ülkelerden biridir. Özellikle Rusya bankalarının bu teknolojiye önemli yatırımlar yaparak çeşitli projeleri ortaya çıkardığı görülmektedir. Bunlardan biri Bank of Russia Novosibirsk teknoloji laboratuvarında uluslararası ödemeler üzerinde Ripple blok zinciri alt yapısıyla yapılan çalışmadır. Bir diğer çalışma ise Rusya ulusal network platformu olan ve Ethereum alt yapısını kullanan Masterchain programıdır. Söz konusu programda bankacılık sistemine yönelik dijital banka garantileri, dijital akreditif, merkeziyetsiz mortgage kayıt sistemi, müşterinizi tanıyın (know your customer) uygulaması gibi hizmetlere yer verilmektedir **(Mokeeva, Frais ve Pankov, 2020, 821–822).**

Rusya Gelir İdaresi (FSN), vergi idaresinin dijital dönüşümüne önem veren uygulamaları ile dikkat çekmektedir. Bunlardan biri "Chesty ZNAK" olarak isimlendirilen takip ve izleme sistemidir. 2019 yılında, belli başlı bazı ürünlerin bu sistem üzerinden takibi zorunlu hale getirilmiştir. Söz konusu uygulama, ürünlere ilişkin doğru vergi

bildirimlerinin takibi için 5 adım tasarlamıştır. İlki biricik ürün kodu (data matrix code) ile belirlenmiş ürünlerin ülke içindeki konumunun takip edilebilmesini sağlayan ve kriptografi teknolojisi yardımı ile onay kodu üreten adımdır. Böylece ikinci adımda Data Matrix teknolojisi, söz konusu ürünlerin tüm ulaşım hattını takip edebilmektedir. Üçüncü adımda ürünlerin nihai tüketicilere sunulacağı mağazalara ulaşması halinde Data Matrix kodu taranmaktadır. Dördüncü adımda ise ürünler satıldığında ve mağazadan çıktığında yine Data Matrix kodu taranmaktadır. Beşinci adımda ise nihai tüketiciler Chesty ZNAK uygulaması üzerinden ürün kodlarını taratarak almış oldukları ürünlerin imalatından satışına kadar geçen safhayı izleyebilmektedir.

Rusya Gelir İdaresi'nin bir başka dijital uygulaması ise Vergi Gözetim Programı'dır (Tax Monitoring Programme). 2012'de pilot proje olarak test çalışmalarına başlayan bu proje, 2014 yılında Rus vergi kanunlarına işlenmesiyle birlikte yürürlüğe girmiştir. Söz konusu program zorunlu bir program olmayıp gönüllü vergi mükelleflerince yürütülmektedir. Katılımcı mükellefler, Rusya Gelir İdaresi'ne, kendi iç muhasebe ve raporlama sistemlerine erişim izni vermekte ve bunun karşılığında klasik vergi kontrollerinden muaf tutulmaktadır. 2021 yılı itibarıyla 15 sektörden toplam 209 firma söz konusu programa katılmış durumdadır **(PwC, 2022, s. 40).**

Rusya Gelir İdaresi'nin blok zincir teknolojisine yönelik uygulamalarında biri ise 2020 yılının Nisan ayında Masterchain blok zincirine entegre ettiği platformdur. Söz konusu platform sayesinde Rusya'da faaliyet gösteren kobilere faizsiz kredi imkânı sağlanmaktadır. Yapılacak başvurularının hızlı bir şekilde değerlendirilmesini hedef alan uygulama, işçi ücretlerinin ödenmesinde sıkıtılar yaşayan kobilere blok zincir teknolojisi kullanılarak destek olmaktadır**(UNCTAD, 2021, s. 17).** Covid-19 pandemi döneminde ortaya çıkan bu projede, pandemiden en çok etkilenen ve hükümet tarafından belirlenen sektörlerdeki girişimcilere, işçi ücretlerinin ödenmesinin garanti altına alınması şartıyla faizsiz kredi kullandırılma yoluna gidilmiştir **(GBBC, 2021, s. 24).**

Rusya Federasyonu'nun Ukrayna ile yaşadığı savaş hali nedeniyle SWIFT sisteminden çıkarılması, Rus bankalarının uluslararası ödeme sistemleri yönünden çeşitli problemlerle karşılaşmasına neden olmuştur. Bu hususta da blok zincir teknolojisi devreye girmiş ve bir kamu güvenlik firması olan Rostec öncülüğünde CELLS adı verilen bir blok zincir platformu geliştirilmiştir. Geliştirilen bu platform, saniyede yüz bin bankacılık işlemi gerçekleştirebilmektedir **(Pessarlay, 2022, 1–2).**

4.1.10. Birleşik Krallık

İngiltere Gelir İdaresi'nin (HMRC) blok zincir teknolojisine yönelik yatırımlarından biri temettü ödemeleri üzerinden yapılan stopaj (WHT-Withholding Tax) kesintileri üzerinedir. Özellikle yurt dışı temettü ödemeleri üzerinden ilgili ülkede yapılan kesintilerin yurt içi gelirler üzerinden hesaplanan vergilerden mahsup edilmesi esnasında, her iki ülkedeki vergi oranlarının farklılığından kaynaklanan karışık hesaplama süreci, temettü kesintilerine ilişkin ilgili ülke mercilerinden işlemin gerçekliğine ilişkin evrakların temini gibi süreçler ve en nihayetinde yurt dışında yapılmamış bir kesintinin yurt içi hesaplanan vergilerden mahsubu gibi vergi dolandırıcılıklarının yaşanması bu tür teknolojiye olan ihtiyacı dile getirmiştir. Avrupa Komisyonu'nun raporuna göre yıllık 8.4 milyar Euro vergi kaybına neden olan uluslararası temettü ödemelerindeki kesinti sorunu nedeniyle 2020 yılında Avrupa Konseyi sınırlar arasındaki yatırımlarda söz konusu temettü kesinti problemini hafifletmek üzere Avrupa Komisyonu'ndan çalışma yapılmasını talep etmiş ve içinde HRMC'nin de yer aldığı birçok gelir idaresi ve danışmanlık firmaları öncülüğünde söz konusu çalışma ortaya çıkarılmıştır.

Ernst & Young tarafından yürütülen projede kesinti sorununa yönelik çözüm (WHT-Solution), vergi idarelerinin eş düğümler olarak yer alacağı, yatırımcı temettü ödemelerinin ve ilgili kesintilerin çeşitli finansal aracılar topluluğu arasında doğru bir şekilde bölüşümünü sağlayacak bir dağıtık defter yapısı olarak sunulmuştur. Önerilen sistem, her bir hisseye ilişkin temettü ödemesinin temsil edileceği bir token yaratılması ve bu tokenların blok zincirdeki finansal aracılar ağına dağıtılması üzerine geliştirilmiştir. Dağıtılan her token bir hisse ile ilişkilendirilmekte olup bu tokenlar ve bunları transferleri akıllı sözleşmeler sayesinde otomatik olarak gerçekleşmektedir. Böylelikle söz konusu tokenların ilgili temettü hissesinden başka herhangi bir tarafla ilişkilendirilmesi ve çifte harcama sorunu akıllı sözleşmeler vasıtasıyla çözülmektedir. Bir spesifik hissenin temettüsü ile ilgilenen ilgili ülke sorumlusu (WHT Agent), hisse ile ilişkilendirilen bu tokenları hisse sahibinin mukim olduğu ülkelerdeki finansal aracı firmalara sistem üzerinden gönderirken, gönderilen bu tokenlar, hissenin kaynağında yapılan kesintileri de gösterdiğinden, ilgili aracı finansal kuruluşların kesintiyi yapan ülke mercilerinden ilave kanıtlayıcı evrak istemelerine gerek kalmamaktadır. Böylelikle önerilen sistem zaman ve maliyetler açısından tasarrufları da ortaya çıkarmaktadır **(Ernst&Young, 2021, 5–10).**

İngiltere Gelir İdaresi'nin (HMRC) 2019 yılında başlattığı bir başka blok zincir projesi ise "Ticarette Uyuşmazlıkların Azaltılması" (RFIT- Reducing Friction in Trade)

projesidir. Proje, blok zincir ve ilişkili teknolojileriyle oluşturulan bir tedarik zinciri datasının HMRC ve Gıda Standartları Ajansı sistemleri ile nasıl entegre edileceği üzerinde durmaktadır. Proje, Chainvine blok zinciri üzerinde ithalatçı ve ihracatçılara yönelik gıda ürünlerinin bulunduğu yer, maruz olduğu sıcaklık ve nem bilgileri gibi parametreler üzerinden veriler sunmakta ve bu ürünlerin sağlık açısından dijital olarak izlenmesini sağlamaktadır. Projenin iş kanıtı, pilot olarak seçilen şarap üreticilerinden elde edilen kaynak verilerinin zincirin satışa yönelik aşağı kısımlarındaki kullanıcılara kadar güvenli bir şekilde blok zincir üzerinden ulaştırılması üzerine çalışmaktadır. RIFT projesi bu yönüyle tacirlere ve hükümet kuruluşlarına değiştirilemez, güvenli, dağıtılmış bir veri tabanının sunulması fırsatı vermektedir **(OPSI (OECD), 2019).**

4.1.11. Singapur

Singapur, vergi idarelerinin dijitalleşmesi çalışmalarında dünyada en önde gelen ülkelerden biridir. Dijital teknolojilere yatırım hususunda, Singapur vergi idaresi, faaliyet bütçesinin %25'inden fazla bir kısmı bu tür teknolojilere yatırarak dünyada ilk sırada bulunmaktadır **(PwC, 2022, 24–25).**

Singapur'un blok zincir teknolojisine yaptığı yatırımlar incelendiğinde, eğitim alanında dijital akademik sertifikalar (OpenCert), Suriye göçmenlerine yönelik dijital kimlikler (AID:Tech) gibi projelerle birlikte bankacılık işlemlerine yönelik KYK (Know Your Customer), bankalar arası para transferine yönelik Project Ubin ve dijital akreditif gibi konularda da çalışmalar yapıldığı görülmektedir **(Tanrıverdi ve diğerleri, 2019, s. 11).**

Vergi idaresinin dijitalleşmesi alanında ise, Singapur Gelir İdaresi (IRAS) 2017 yılından itibaren, vergisel işlemler ile ilgili uygulama program ara yüzlerinin (application programming interfaces) geliştirileceği ve tanıtılacağı bir Pazar yaratmıştır. Bu Pazar esasen vergi idaresi ile kurumlar vergisi mükellefleri arasında bir iletişim kanalı fonksiyonu üstlenmekte ve bu mükellefler açısından yaratıcı çözüm önerileri sunulabilmektedir. Bu çözüm önerilerine örnek olarak vergi mükelleflerinin kendi iç muhasebe sistemlerinin Corppass denilen bir onay sürecinden sonra IRAS sunucularına aktarılması gösterilebilir **(PwC, 2022, s. 49).**

Blok zincir teknolojisine yönelik somut bir uygulamayı Singapur Uluslararası Ticaret Odası 2018 yılında yayımlamıştır. Söz konusu kuruluş, menşe şahadetnamelerinin (co-certifiate of origin) blok zincir üzerinden elektronik olarak (e-co) depolanabileceği bir

çözüm ortaya koymuştur. Kullanıcılara QR kodları vasıtasıyla menşe şahadetnamelerinin güvenli ve etkin bir şekilde takibi imkânı sunulan projede dijital şahadetnamelerin onaylanmasının bu QR kodları kullanılarak ithalatçılar ve bankalarca gerçekleştirileceği açıklanmıştır **(eTradeforall, 2018).**

4.1.12. Güney Kore

Güney Kore Gelir İdaresi'nin (NTS) vergi idaresinde dijitalleşme sürecine yönelik önemli adımları bulunmaktadır. Bunlardan biri 2015 yılında kullanıma açılan "Yeni Vergi Entegre Sistemi" (Neo-Tax Integrated System) olarak bilinen sistemdir. 22.300 bilgisayar programı ve 180 milyar veriyi yeniden organize eden bu sistem, daha önceleri vergi ile ilgili çok farklı internet kaynakları üzerinden yürütülen işlemleri tek kaynakta toplamaya odaklanmıştır. Yeni sistemle, daha önce çok sınırlı vergi türlerinde kullanılan e-beyan sistemi neredeyse tüm vergi türlerini kapsayacak şekilde genişletilmiştir. İlaveten, önceki sistemlerde e-beyannameye ek olarak vergisel bilgiler eklenemezken, yeni sistemle bu sorunun üstesinden gelinmiştir **(Xu ve Zhang, 2022a, s. 212).**

NTS'nin bir diğer dijital dönüşüm hamlesi, 2019 yılında büyük veri (big data) merkezi açması olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Yönetim Bürosu bünyesine entegre edilen bu merkez, vergi idaresinin resmi bir parçası durumundadır. Bu merkezin amacı sahte banka hesapları üzerinden gerçekleşen vergi kaçırma eylemlerinin önüne geçecek adımları atmaktır. Bu merkez vasıtasıyla ortaya çıkan ilk proje ise, yapay zekâ kullanılarak faturaları, nakit ve döviz alındı belgeleri, akraba ve arkadaşlık ilişki durumunu içeren büyük verileri analiz eden büyük veri analiz sistemidir. Kore, ayrıca gümrük hizmetlerinde kullanılmak üzere bu sistemi genişletmeyi planlamaktadır **(PwC, 2022, s. 49).**

Blok zincir teknolojisinin oy kullanma, bankacılık, borsa gibi çeşitli alanlarda kullanımına yönelik çalışmalar bulunan Kuzey Kore'nin, vergi idaresinde bu teknolojinin kullanımına yönelik bir çalışması bulunmamaktadır. Ancak Kore Gümrük İdaresi'nin (KCS) dış ticareti uluslararası lojistik akışına ilişkin verilerle bütünleştirmeyi planladığı bir blok zincir projesi bulunmaktadır. Bu sayede nakliye ve yükleme faturaları, akreditif bilgileri gibi dış ticarete ilişkin verilerin tek bir ağda ve ilgili herkese açık bir şekilde yer alması planlanmaktadır. Bunun yanında, KCS, Vietnam Gümrük İdaresi ile menşe şahadetnameleri için blok zincir tabanlı bir veri değişim platformu oluşturulması çalışmalarını da yürütmektedir **(GBBC, 2021, s. 26).** Oluşturulacak bu projelere,

Gümrükte ödenen KDV'lerin takibi açısından ileriki zamanlarda gelir idaresinin katılmasının beklenen bir durum olacağı düşünülmektedir.

4.1.13. Kazakistan

Kazakistan vergi idaresinin son zamanlarda dijitalleşmeye yönelik bazı adımları mevcuttur. Bunlardan biri e-wallet (tax wallet) olarak bilinen elektronik vergi cüzdanlarıdır. Gelir idaresi tarafından eSalyq uygulaması üzerinden yürütülen bu hizmette, vergi mükelleflerinin bildirmiş olduğu vergi beyanları üzerinden otomatik olarak hesaplanan vergi yükümlülükleri, ödeme aşamasında başkaca bir başvuru gerektirmeksizin mükelleflerin vergi cüzdanlarında yer almaktadır. İlgili uygulama vergi borcunun ödenmesi yönünden mükelleflere bir alternatif sunmaktadır. Söz konusu vergi borçları mükelleflerin mevcut ve gelecekteki vergi yükümlülükleri üzerinden otomatik olarak hesaplanarak uygulamada yer almaktadır. Vergi mükelleflerinin uygulamaya girmeleri ile birlikte ortaya çıkan vergi borçlarının otomatik olarak ödenmesi ve hazineye intikali sağlanmaktadır. Yapılan bu işlemler nedeniyle de herhangi bir bankacılık kesintisi yapılmamaktadır **(e-government Kazakhstan, 2021a).**

Bir diğer dijitalleşme adımı ise ürün takip sistemi (PTS-Product Traceability System) olarak tanıtılan ve Avrasya Ekonomik Birliği (EEU) ülkeleri arasında "Astana-1" gümrük sistemi üzerinden gümrük servis kontrollerini birbirine bağlamayı amaçlayan "e-window" portalıdır. Söz konusu portal elektronik gümrük muayene formlarının içerdiği önemli bilgi ve izinlerin hükümet servislerinin erişimine izin vermektedir. Servis ve hizmetlerin belge olarak takibi elektronik fatura bilgi sistemi (ISEI-electronic invoices information system) olarak sunulan sistem üzerine taşınmış ve 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren tüm KDV mükelleflerinin elektronik fatura düzenlemesi zorunlu kılınmıştır. Ürün takip sisteminin son unsuru ise 2020 yılından başlamak üzere zorunlu kılınan online yazar kasa (online cash register) sistemidir. Bu sistemle yazar kasa bilgilerinin gerçek zamanlı olarak devletin gelir idaresi servisine transferi esas alınmıştır **(J. Li ve diğerleri, 2020, 13–15).**

Kazakistan'da, tam anlamıyla blok zincir teknolojisi mantığını içeren bir vergisel uygulama bulunmamakla birlikte, dağıtık defter teknolojisinin bir veri tabanından ziyade birden fazla veri tabanında bilgilerin depolanmasına ilişkin e-wallet veya e-window gibi uygulamalar mevcuttur. Kazakistan Devleti'nin e-devlet resmi sitesinde ise, blok zincir teknolojisine yönelik bazı girişimlerin ve çalışmaların yapılmakta olduğu belirtilmektedir.

Bunlardan biri ise “KDV Blok zincir Bilgi Sistemi” (Vat Blockchain Information System) olarak tanıtılan çalışmadır. Bu projenin amacı, KDV yönetiminin blok zincir teknolojisi uygulanarak yürütülmesi olarak açıklanmıştır. Sistem, vergi mükelleflerinin finansal işlem zincirlerini içeren merkeziyetsiz bir veri tabanının yaratılmasını ve KDV ödemelerinde kesinliğin sağlanmasını amaçlamaktadır **(e-government Kazakhstan, 2021).**

4.1.14. A.B.D.

Amerikan Gelir İdaresi’nin (IRS-Internal Revenue Service) blok zincir teknolojisine bakış açısı incelendiğinde, bu teknolojinin vergisel işlemlerde ve vergi türlerinde kullanılmasından ziyade, kripto paralın vergilendirilmesine yönelik düzenleyici işlemlere yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Bu yönüyle, Çin Halk Cumhuriyeti, Rusya Federasyonu gibi blok zincirin vergisel işlemlere uygulanmasına yönelik önemli adımlar atan rakiplerine nazaran ABD’nin bu alanda daha az yol aldığı görülmektedir **(Knapp, 2022).**

Bu hususa rağmen blok zinciri teknolojisi üzerinde araştırmalar yapan ve bu teknolojiyi hizmetlerine adapte etmeye çalışan kamu kurumları bulunmaktadır. Amerika Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı’nın (HHS- The Department of Health and Human Services) blok zincir tabanlı sözleşme faturalandırma programı olan Accelerate ve A.B.D. Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi’nin (CDC-The US Centers for Disease Control and Prevention) IBM ile yürüttüğü blok zincir tabanlı salgın takip sistemi gibi uygulamalar bu teknolojiye olan ilgiyi göstermektedir **(Roberts, 2022, s. 4).**

Mali alanda blok zincir araştırmalarına bakıldığında ise, A.B.D. Hazine Bakanlığı’na bağlı Mali Hizmet Bürosu’nun (BFS-Bureau of Fiscal Servise) bu alanda öncü çalışmalar yaptığı görülmektedir. BFS, resmi internet sitesinden yapmış olduğu 12 Ekim 2021 tarihli duyuruda, bir bağış ödemesinin yapılmasını içeren görev emrini blok zincir üzerinden gerçekleştirdiğini açıklamıştır. Yapılan duyuruda, bu çalışmanın bir sonraki adımı olarak, blok zincir teknolojisinin tüm federal bağış ödemelerinde kullanılmasının önünü açacağı belirtilmekte ve bu hususunun şeffaflığı artıracağı, raporlama maliyetlerini düşüreceği ve hatalı ödemelerin tespitine ve dolandırıcılıkla mücadeleye yönelik içsel kontrolleri geliştireceği düşünülmektedir **(Bureau of The Fiscal Service, 2021).**

BFS’in bir diğer pilot projesi ise, kurumun bilgisayar, cep telefonu vb. demirbaşlarının takibinin ve yönetiminin yapılacağı bir prototip blok zincir uygulaması

geliştirilmesi üzerinedir. Bu pilot proje ile kurumun envanterini oluşturan fiziki demirbaşların sürekli olarak izlenmesi ve bir demirbaşın kurum çalışanları arasında el değiştirip değiştirmediğinin eş zamanlı olarak kayıt altına alınması amaçlanmaktadır **(Bureau of The Fiscal Service, 2017).**

4.2. Türkiye'de Blok zincir Teknolojisinin Vergisel İşlemlere Uygulanabilirliği

Blok zincir teknolojisinin vergi idaresindeki kullanım alanlarına yönelik örnekler incelendiğinde, Tayland, Çin Halk Cumhuriyeti, Hollanda, İsveç, Kazakistan gibi ülkelerde, elektronik faturanın blok zincir teknolojisine entegre edilerek tek bir veri tabanından ziyade farklı veri tabanlarında izlenmesi çalışmalarının yapılmakta olduğu görülmektedir. Bu işlemler sayesinde ise özellikle katma değer vergisi yönünden blok zincir tabanlı takip ve kaçakçılıkla mücadele sistemlerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda, elektronik faturaların kriptografik algoritmalar sayesinde şifrelenerek ağ yapısı içinde yer alması önem arz etmektedir. Türkiye'de bu sistemin uygulanabilirliği hususuna değinmeden önce, yasal mevzuatta elektronik fatura kavramına ilişkin yer alan hususlara ve bunun teknik alt yapısına değinilecektir.

4.2.1. E-Fatura

213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 229. Maddesinde, faturanın tanımı satılan emtia veya yapılan iş karşılığında müşterinin borçlandığı meblağı göstermek üzere emtiayı satan veya işi yapan tüccar tarafından müşteriye verilen ticari vesika olarak tanımlanmıştır. Aynı kanunun mükerrer 242. Maddesinde ise elektronik belge, şekil hükümlerinden bağımsız olarak bu kanuna göre düzenlenmesi zorunlu olan belgelerde yer alan bilgileri içeren elektronik kayıtlar bütünü olarak tanımlanmış ve maddenin son fıkrasında bu elektronik belgelerin düzenlenmesi, kaydedilmesi ve iletilmesi muhafaza ve ibrazı ile ilgili usul ve esasları belirlemeye Hazine ve Maliye Bakanlığı yetkili kılınmıştır.

Verilen bu yetkiye istinaden Bakanlık 397 Sıra Numaralı Vergi Usul Kanunu Genel Tebliği'ni ve daha sonrasında ise konu ile ilgili çıkarılan tüm tebliğlerin birleştirildiği 509 Sıra Numaralı Vergi Usul Kanunu Genel Tebliği'ni çıkarmıştır. Söz konusu tebliğe istinaden e-fatura uygulamasına geçiş zorunluluğu şu şekilde açıklanmıştır.

1) Brüt satış hasılatı veya gayrisafi iş hasılatları 2018, 2019 ve 2020 hesap dönemleri için 5 Milyon TL, 2021 hesap dönemi için 4 Milyon TL, 2022 ve müteakip hesap dönemleri için 3 Milyon TL ve üzeri olan mükellefler, (535 Sıra No.lu VUK Genel Tebliği ile değiştirilen kısım)

2) ÖTV Kanunu'na ekli (I) ve (III) sayılı listelerdeki malları imal, inşa veya ithal edenler,

3) İnternet ortamında başkalarına ait iktisadi ve ticari faaliyetlerin yapılmasına ortam sağlayan aracı hizmet sağlayıcıları,

4) İnternet ortamında gayrimenkul, motorlu araç vasıtalarının satılmasına veya kiralanmasına ilişkin ilan ortamını yaratan internet sitesi sahipleri ve işleticileri ile internet reklamcılığı hizmet aracıları,

5) Kendilerine veya aracı hizmet sağlayıcılarına ait internet sitelerinde veya diğer her türlü elektronik ortamda mal veya hizmet satışı gerçekleştiren mükelleflerden 2020 veya 2021 hesap dönemleri için 1 Milyon TL, 2022 veya müteakip hesap dönemleri için 500 Bin TL ve üzeri brüt satış hasılatı veya gayrisafi iş hasılatı olanlar,

6) 5957 sayılı Kanun hükümlerine göre komisyoncu veya tüccar olarak sebze ve meyve ticareti ile iştigal eden mükellefler,

7) Sosyal Güvenlik Kurumu ile sözleşme imzalayan sağlık hizmeti sunucuları ile medikal malzeme ve ilaç/etken madde temin eden tüm mükellefler,

8) Gayrimenkul ve/veya motorlu taşıt, inşa, imal, alım-satım veya kiralama işlemlerini yapanlar ile bu işlemlere aracılık faaliyetinde bulunan mükelleflerden brüt satış hasılatı veya gayri safi iş hasılatı 2020 veya 2021 hesap dönemi için 1 Milyon TL, 2022 veya müteakip hesap dönemleri için 500 Bin TL ve üzeri olan mükellefler,

9) Kültür ve Turizm Bakanlığı ile belediyelerden yatırım ve/veya işletme belgesi almak suretiyle konaklama hizmeti veren otel işletmeleri,

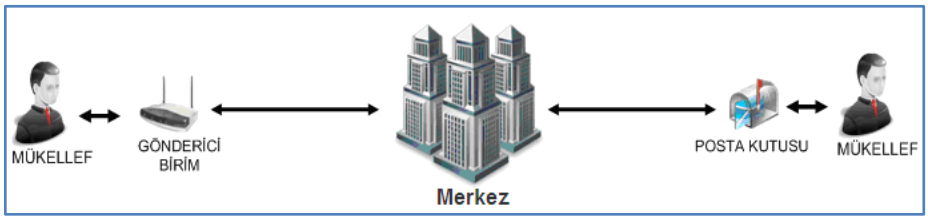
10) İhtiyari olarak e- fatura kullanıcısı olmak isteyen mükellefler,

11) Riskli veya vergiye uyum düzeyi düşük olduğu Bakanlıkça tespit edilen mükellef veya mükellef grupları.

Gelir İdaresi Başkanlığı'nın 2021 faaliyet raporunda 2021 yılında e-fatura kapsamındaki mükellef sayısı 523.910 olarak açıklanmıştır. 2021 yılında düzenlenen e-fatura sayısının yaklaşık 535 milyon adet ve bu faturaların tutarının ise yaklaşık 12.2 Milyar TL olduğu açıklanmıştır. 2022 Kasım ayı itibarıyla, sisteme kayıtlı olan mükellef adedi 767.241 mükellefe ulaşmıştır **(GİB, 2021, s. 115).**

4.2.1.1 E-Fatura'nın Teknik Mimarisi

Türkiye'de e-fatura uygulamasının teknik mimarisi incelendiğinde, geliştirilen uygulamanın, elektronik fatura sistemine kayıtlı önceden tanımlanmış olan kullanıcıların belirlenen standartlara uygun elektronik belgelerini, gönderen taraftan alıcı tarafa iletimini sağlayan mesajlaşma alt yapısını olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Esas itibarıyla elektronik fatura ile ortaya konulan sistem, gönderici ve alıcı mükelleflerin, Gelir İdaresi Başkanlığınca oluşturulan bir mesajlaşma ağı üzerinden elektronik faturaları içeren mesajlarını belli kurallar çerçevesinde birbirlerine göndermelerini sağlayan bir mesajlaşma mekanizmasıdır.



Şekil 15. E-Fatura teknik mimarisi

Kaynak: "e-fatura Uygulamasının Teknik Mimarisi" (GİB, 2019, s. 2)

Bir mesajlaşma platformu olan sistemin içerisinde herhangi bir ara yüz programı bulunmamaktadır. Vergi idaresi, bu anlamıyla mükelleflere kendi yazılım programlarını kullanarak sistemi kullanma imkânı verirken, diğer taraftan da yeteri kadar bilgi işlem altyapısı olmayan mükellefler için ise, Gelir İdaresi Başkanlığı tarafından geliştirilen e-fatura portalı üzerinden e-faturalarını oluşturarak ilgililere gönderme imkânı getirilmiştir. Bununla birlikte, mükellefler isterse özel entegratör firmalar vasıtasıyla e-fatura işlemlerini gerçekleştirebileceklerdir.

Önceden tanımlanmış kullanıcıların UBL-TR standardında düzenledikleri elektronik faturaları belirlenmiş bir veri aktarım protokolü aracılığı ile gönderen taraftan alıcı tarafa iletimi olarak tanımlanan bu mesajlaşma alt yapısında gönderici birim, merkez ve posta kutusu olmak üzere üç farklı rol bulunmaktadır. Gönderici birimin UBL-TR şema ve kılavuzlarına göre oluşturarak imzaladığı (elektronik imza veya mali mühür) faturaları zarflayarak merkeze göndermesi neticesinde merkez tarafından yapılan kontrol, kendisine gelen e-fatura uygulama yanıtlarının veri aktarım protokolündeki kurallara uygunluğunun

denetlenmesi ve alıcısına iletilmesinden ibarettir. Merkez (Gelir İdaresi Başkanlığı) mali mühür veya elektronik imza doğrulaması yapmamaktadır.

Veri aktarım protokolü, temel iletişim yöntemi olarak web servislerini kullanmaktadır. Böylece alıcı ve gönderici taraf arasında herhangi bir yazılım ve donanım gereksinimi olmaksızın XML tabanlı bir veri iletişimi sağlanmaktadır. Merkezin üstlendiği iletişim rolü ise HTTPS protokolü üzerinden sağlanmaktadır. Bu sebeple, e-fatura uygulamasına kayıt olan mükellefler, uygulamayı kullanacakları statik IP'lerini başkanlığa bildirecekler ve internet üzerinden güvenli bağlantıyı kurmak üzere tasarlanan bir güvenlik protokolü olan SSL veri şifreleme sistemi oluşturulması gerekecektir. Bu minvalde,

1) Veri aktarımı, Web servis teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmektedir.
2) Web servis teknolojisi (https) XML tabanlı veri iletimini esas alarak donanım ve yazılımdan bağımsız bir iletişim ortamı oluşturulmaktadır.
3) Veri güvenliğini sağlamak üzere veriler SSL (Secure Sockets Layer- Taşıma Katmanı Güvenliği) ile şifrelenmektedir.
4) Elektronik imza ve mali mühür kullanılarak veri bütünlüğü ve inkâr edilemezlik sağlanmaktadır.
5) Veri tutarlılığını sağlayabilmek için veri iletimlerinde hem alıcı hem de gönderici tarafın iletim durumundan haberdar olması ve veri iletimi sonrası onay alması esas alınmaktadır **(GİB, 2018a).**

4.2.1.2 E-Faturaların Saklanması

E-fatura uygulaması esası itibarıyla sisteme kayıtlı alıcı ve gönderici mükellefler arasında bir merkez (Gelir İdaresi Başkanlığı) üzerinden ve belirlenmiş veri aktarım protokolleri çerçevesinde elektronik olarak hazırlanmış faturaların gönderimini sağlayan bir haberleşme sistemidir. Hazırlanan elektronik faturalar XML formatında sıkıştırılarak zarflanıp alıcısına gönderilirken, öncelikle merkez (GİB) alıcı tarafa gönderilmek üzere kendisine gelen e-faturayı ve uygulama yanıtını alır ve bunların veri aktarım protokolü ile belirlenen veri kurallarına uygunluğunu denetledikten (XSD ve şematron kontrolleri) sonra faturayı gönderene sistem yanıtını oluşturur ve iletir. Merkez, kendisine gelen e-fatura bilgilerini içeren XML zarfının belirlenmiş şema (XSD) ve şematron kontrolü sayesinde veri kurallarına uygunluğunu doğruladıktan ve elektronik imza veya mali mühür varlığının kontrolünü yaptıktan sonra alıcı tarafının posta kutusuna söz konusu zarfı yollar.

Alıcı posta kutusu da, söz konusu kontrolleri yaptıktan sonra merkeze sistem yanıtını gönderir. Merkez ise alıcı tarafından gönderilen sistem yanıtını içeren zarfı aynen gönderici birime iletir. Ticari fatura senaryosunda, bu işleyişe ek olarak alıcı posta kutusunun gelen faturayı kabul, ret veya iade etme hakkı bulunmakta buna ilişkin işleyişler de yine Merkez (GİB) üzerinden yürütülmektedir **(GİB, 2018a, 18–19).**

Yukarıda ifade edilen işleyişten görüleceği üzere, Gelir İdaresi Başkanlığı'nın e-fatura sisteminde üstlendiği rol, gönderilen faturaların Başkanlıkça belirlenen standartlarda olup olmadığının ve e-imza/mali mühür varlığının kontrolünden ibaret bir iletişim aracılığı fonksiyonudur. Sistem üzerinden üretilen e-faturalar esasen Gelir İdaresi Başkanlığı'nın e-fatura veri ambarında yer almaktadır. İlaveten, e-fatura ve e-arşiv fatura sistemine yönelik portal uygulamasında da olduğu gibi, Gelir İdaresi Başkanlığı'na ait portal üzerinde gönderilen e-fatura ve e-arşiv faturaların portal üzerinde belli bir süre (6 ay) arşivlenerek saklanabilmesi mümkündür ancak bu süre sonunda 6 ayı geçmiş faturaların otomatik olarak arşivlerden silinmesi söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla Gelir İdaresi Başkanlığı'nın, e-faturaları mükellefler adına sınırsız bir süre ile saklama zorunluluğu bulunmamakta, aksine bu sorumluluğu e-fatura mükelleflerine yüklemektedir. Söz konusu faturaların Vergi Usul Kanunu çerçevesinde saklanması ve gerektiğinde ibrazı hususu mükelleflerin sorumluluğuna bırakılmıştır. Dolayısıyla, bir web servisi hüviyetinde olan, belirlenmiş kullanıcıların hazırladığı e-faturaların internet üzerinden ve belli protokoller çerçevesinde şifrelenerek gönderilmesi üzerine kurulu sistem, kullanıcıların erişimine açık bir veri tabanından (blok zincir mantığından) ziyade kapalı sistem bir veri tabanı üzerinde kayıt altına alınmaktadır.

4.2.1.3 E-Faturaların Blok zincir Teknolojisi İle Uygulanabilirliği

Gelir İdaresi Başkanlığı, üstlendiği merkez rolü ile e-fatura sistemine entegre olan mükellefler tarafından düzenlenen e-faturaların değişmezliğini garanti eden mali mühür veya elektronik imzalarının doğruluğunun kontrolünü yapmamaktadır. Sadece, gönderici ve alıcı arasında oluşturulan e-fatura dosyasında (zarf) bir mali mühür veya elektronik imzanın mevcut olup olmadığını kontrol etmekte ancak bunun doğruluğu ile ilgilenmemektedir. Bu kapsamda, düzenlenmiş bir e-faturanın değişmezliğini garanti eden mali mührün veya elektronik imzanın doğrulanması sorumluluğu mükelleflere verilmiştir. Mükellefler, kendi bilgi işlem sistemini GİB'e bağlasa da, özel entegratör veya GİB e-

fatura portalını kullansa da, e-faturanın kontrol sorumluluğu faturayı alan mükellefin üzerindedir **(Tektüfekçi, 2018, s. 107).**

Dolayısıyla oluşturulan bu sistemde GİB'nın fonksiyonu oluşturulan faturaların merkezce belirlenen formatta olup olmadığının ve e-imza/mali mühür varlığının kontrolüdür. Başkanlık oluşturulan e-faturaların değişmezliğine ilişkin kontrol yapmamakta, bir e-faturanın doğruluğunun tespiti hususundaki sorumluluğu mükelleflere bırakmakta ve mükellefler tarafından bu sorumluluk çerçevesinde doğrulanmış faturaları ise veri ambarında kaydederek gerekli inceleme ve denetim süreçlerinde kullanmak üzere saklamaktadır. Gelir İdaresi Başkanlığının e-faturaları saklama yükümlülüğü bulunmamaktadır. Saklanacak faturaların hiçbir şekilde değiştirilmemesi ve değişikliklerin korunması mükelleflerin bir başka yükümlülüğüdür. Bu sebepler neticesinde e-fatura açısından veri güvenliği (doğrulama ve değişmezlik) ve kalıcılık blok zincir teknolojisi ile sağlanabilmektedir **(Beştaş, 2022, s. 822).**

Beştaş, *"Blok Zincir Ekonomisinde Yeni Uygulamalar: E-Fatura Üzerine Bir İnceleme"* adlı makalesinde, blok zincir teknolojisi ile e-faturaların depolanabileceği ve sorgulanabileceği bir çözüm geliştirmiştir. İlgili makalede klasik veri tabanı sisteminde kullanıcıların front-end (bir web sayfasının kullanıcı ön yüzü) katmanında oluşturdukları isteğin back-end katmanında (web sayfasının arka plandaki yazılım alt yapısı) mevcut yazılım sayesinde veri tabanı ile iletişime geçildiği ve veri tabanından gelen yanıtın tekrar front-end katmanına aktarılarak cevap verildiği ifade edilmiştir. Ancak blok zincir teknolojisi sayesinde front-end katmanında kullanıcıların gireceği e-fatura temel bilgilerinin girişinin yapılmasından sonra akıllı sözleşmeler vasıtasıyla fatura bilgisinin blok zincir ağı üzerinde daha önceden kayıtlı olup olmadığını, kayıtlı değilse IPFS (Interplanetary File System- Dağıtık bir veri tabanında eşten eşe oluşturulan bir protokol, hipermedya ve dosya paylaşım sistemi) üzerinde kayıt işleminin gerçekleştirileceği bir uygulama öne sürülmüştür. Beştaş ilgili makalede söz konusu sistemin Ethereum-Ganache ağında denemesini yapmış ve ilgili yazılım kodlarını makalesinde paylaşmıştır. Söz konusu uygulamada blok zincir ağı üzerine kaydedilmiş faturaların hem fatura bilgisi hem de IPFS üzerinde kaydedilmiş dosya bilgileri ile sorgulama yapılabileceği belirtilmiş ve e-faturaların 3. Taraf güvenine ihtiyaç duymadan kayıt altına alınması için çözüm önerisi sunulmuştur **(Beştaş, 2022).**

4.2.1.4 Ba-Bs Bildirimleri ve E-Fatura İlişkisi

Gelir İdaresi Başkanlığı'nın mükellefler arası mal veya hizmet alış verişine ilişkin işlemleri tutarsal olarak izleme yöntemlerinden biri Ba-Bs formlarıdır. 396 Sıra numaralı V.U.K Genel Tebliği ile güncellenen düzenlemeye göre bilanço esasına göre defter tutan mükellefler, belirli bir haddi aşan mal ve hizmet alımlarını "Mal ve Hizmet alımlarına İlişkin Bildirim Formu (Form Ba)", mal ve hizmet satışlarını ise "Mal ve Hizmet Satışlarına İlişkin Bildirim Formu (Form Bs) ile ile Başkanlığa bildirmek zorunda tutulmuştur. Dolayısıyla, bilanço esasına tabi mükellefler güncel hali ile KDV hariç 5.000,00-TL ve üzerindeki mal veya hizmet alış ve satışlarını Ba-Bs formları ile bildirmekle yükümlü tutulmuştur.

Bildirim yükümlülüğü neticesinde Gelir İdaresince, mükelleflerin birbirleri arasında gerçekleştirdiği KDV hariç 5.000,00-TL tutarındaki mal veya hizmet alış bilgileri veri tabanında toplanarak, bu işlemlerin izlenebilmesi ve bu işlemlerle ilgili denetim sürecinin alt yapısı sağlanabilmektedir. Bilanço esasına tabi herhangi bir mükellefin ay bazında bildirdiği alış veya satış tutarlarının, karşı tarafın bildirdikleri arasında yer almaması veya tutarsal olarak farklılaşması (Ba-Bs uyumsuzluğu bulunması), inceleme elemanları için önem arz etmektedir. Bu kapsamda oluşturulan sistem esasen bir veri tabanında, kapsam dâhilindeki tüm mükelleflerin bir aydaki alış-satış işlemlerinin depolanması işlemidir.

25.01.2021 tarih ve 31375 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan 523 Sıra Numaralı VUK Genel Tebliği ile 396 Sıra Numaralı VUK Genel Tebliği'nde bazı değişiklikler yapılmıştır. Buna göre 5.000,00-TL tutarındaki haddin belirlenmesinde mükelleflerce elektronik ve kâğıt ortamında düzenlenen tüm belgelerin birlikte değerlendirilmesi ve böylelikle belirtilen haddin aşılması durumunda sadece kâğıt ortamında düzenlenen belgelerin mükelleflerce bildirilmesi esas alınmıştır. Son olarak 03.12.2022 tarih ve 32032 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan 543 Sıra Numaralı VUK Genel Tebliği ile tüm alış ve satışları 5.000,00-TL altında kalan veya elektronik belgelerden oluşan mükelleflerin ilgili dönem Ba-Bs bildirimini vermesine gerek olmadığı açıklanmıştır. Bu minvalde, bilanço esasına tabi mükelleflerin karşı tarafla gerçekleştirdiği bir alış veya satış işlemi elektronik belge ile belgelendiriliyorsa Ba-Bs bildirimi verme yükümlülükleri bulunmamaktadır. Zira bu işlemler zaten GİB'nın e-belge (e-fatura, e-arşiv fatura, e-smm gibi) veri tabanında yer almaktadır. Bu mükelleflerin herhangi bir mükelleften hem elektronik fatura hem de kâğıt fatura üzerinden bir alış-satış işlemi varsa, bu iki farklı

fatura türünden toplam işlem bedeli 5.000,00-TL'sını aşıyorsa sadece kâğıt ortamında düzenlenen faturalara ilişkin Ba-Bs bildirim zorunluluğu bulunmaktadır.

Yapılan bu düzenlemeler göstermektedir ki, vergi idaresi, mükelleflerin belli bir tutarı aşan alış ve satış işlemlerinin takibini veri tabanında aylık bazda toplamaktadır. Bu veri tabanında mükellefler nezdinde oluşturulan takip sistemi, faturalar e-belge şeklinde ise, Gelir İdaresi Başkanlığı'nın "E-Belge" veri kaynağından, kâğıt ortamındaki belgeler şeklinde ise mükelleflerin bildirim formları esas alınarak Gelir İdaresi Başkanlığı'nın buna ilişkin "E-Beyanname" veri kaynağından elde edilerek oluşturulmaktadır. Alıcı ve satıcıların alış-satışlarının karşılaştırılması üzerine kurulmuş Ba-Bs veri tabanı, vergi incelemelerinde sahte veya muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belgelerin tespitinde, KDV iade incelemelerinde alt mükelleflerin Ba Bildirimi-KDV matrah kontrolleri (GEK06 kontrolü) yapılmasında önemli bir işlevi bulunmaktadır.

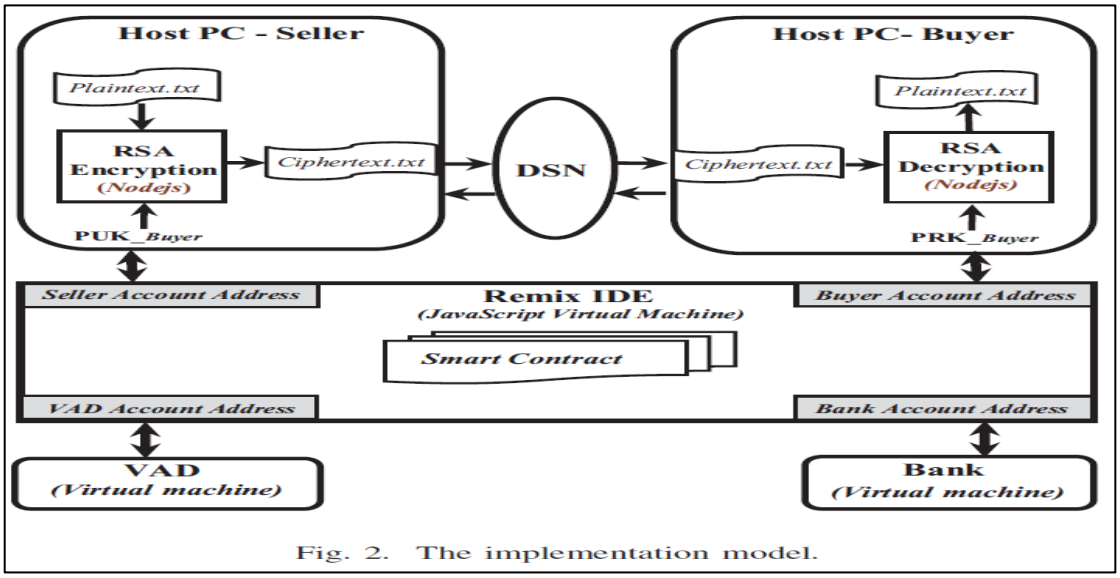
Blok zincir teknolojisinin olumlu etkilerinden birisi, alım-satım takibine yönelik tek bir veri tabanı üzerinde oluşturulan Ba-Bs bildirimlerinin bir ağ üzerinde depolanan verilerin takibine de olanak vermesidir. Bitcoin uygulamasındaki her bir cüzdan adresinde yapılan işlemlerin dökümünün görülebileceği gibi bir sistemi, vergi kimlik numaraları ile ilişkilendirilebilecek cüzdanlar üzerinden ağ yapısındaki her bir mükellefin alım satım işlemlerinin takibi mümkün bulunmaktadır.

4.2.1.5 E-Fatura ve Blok Zincir Çalışmaları

Elektronik bir faturanın blok zincir ağına entegre edilmesine yönelik bazı akademik çalışmalar mevcuttur. Bu akademik çalışmaların özü, elektronik faturaları daha da dijitalleştirerek Ethereum, Hyperledger gibi blok zincir ağları üzerinde tanımlanacak akıllı sözleşmeler sayesinde alıcı ve satıcı düğümlerin işlemlerinin takibinin sağlanması üzerine şekillenmektedir.

Bu çalışmalardan biri, *"Blok zincir Akıllı Kontratlar Yardımıyla Faturanın Dijitalleşmesi ve KDV Ödemelerinin Yönetilmesi (Digitizing Invocie and Managing Vat Payment Using Blockchain Smart Contract)"* adlı makalelerinde Nguyen ve diğerleri tarafından ortaya çıkarılmıştır. İlgili çalışmada Nguyen ve arkadaşları Ethereum ağı üzerinde geliştirdikleri akıllı sözleşme yazılımı ile alıcılar ve satıcılar arasındaki işlemlerin ağda takibi ve sonrasında her bir hesap üzerinden KDV yükümlülüklerinin hesaplanabildiği bir sistem önerisinde bulunmuştur (**Nguyen, Pham, Tran, Huynh ve Nakashima, 2019)**.

Söz konusu çalışmada, vergi idaresi (VAD) blok zincir ağına (BCN) akıllı sözleşme ve KDV mükelleflerinin listesini eklemektedir. Akıllı sözleşmeler Remix IDE olarak tanımlanan ve Solidity yazılım dilini kullanan bir uygulama ile yürütülmektedir. Sisteme yüklenen mükellefler listesinde yer alan satıcının RSA (Rivest-Shamir-Adleman) asimetrik kriptoloji algoritmasıyla ve alıcının özel anahtarıyla şifrelediği faturalar ve işleme ilişkin bilgiler (plaintext) ağa yüklenmekte ve hash kodu kaydedilmektedir. Alıcılar ise ağ üzerindeki ilgili faturaya ait hash kodu ve özel anahtarları (PRK-Private Key) sayesinde ilgili faturanın şifresini çözerek faturayı onaylamakta ve hemen akabinde alıcı tarafından onaylanan bu fatura satıcı tarafından da onaylandıktan sonra akıllı sözleşme devreye girmektedir.



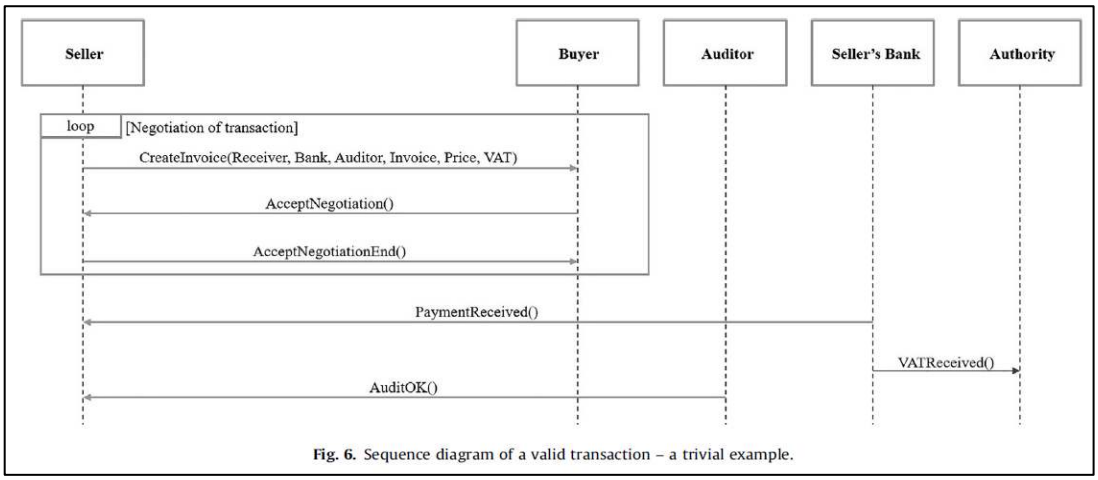
Şekil 16. E-Fatura blok zincir uygulama modeli

Kaynak: (Nguyen ve diğerleri, 2019, s. 77)

Akıllı sözleşmenin önemli bir ayağı olan *addInforInvoice ()* komutu sadece satıcılar tarafından yürütülmektedir. Satıcının girmiş olduğu fatura bilgileri alıcının adresi ve fatura tutarını içerse de ağdaki diğer kullanıcılar bu faturanın sahibi ve işlem tutarı hakkında bilgiye sahip olamamaktadır. Alıcı ve satıcının onayladığı faturalar neticesinde akıllı sözleşme üzerinden ilgili işleme yönelik KDV otomatik olarak hesaplanmaktadır. Önerilen bu sistemde Satıcı Hesap Adresi, Alıcı Hesap Adresi, Vergi İdaresi Hesap Adresi ve Banka Hesap Adresi olarak dört farklı adres tanımlanmıştır. Vergi idaresi (VAD), periyodik KDV ödeme talebinde (PVP) bulunmaktadır. İlgili hesap adresleri üzerinden akıllı sözleşmeler, hesaplanan kümülatif KDV tutarlarını *requestForPVP ()* kodu ile

toplulaştırmaktadır. Bu toplulaştırmaya esas alınan hesaplama ise, her bir hesap özelinde oluşan satış KDV tutarları ile alış KDV tutarları arasındaki farktır. Her bir hesap özelinde satış tutarları üzerinden hesaplanan KDV alış tutarları üzerinden hesaplanan KDV'yi aşıyorsa, vergi idaresince ödeme talebi ortaya çıkmaktadır. En sonunda ise Banka devreye girerek *getInforPVP()* fonksiyonu ile ilgili ödeme talebinin durumunu gözden geçirerek ilgili yükümlünün banka hesabından vergi idaresinin banka hesabına ödeme akışını gerçekleştirmektedir **(Nguyen ve diğerleri, 2019, 75–77).**

Konuya ilişkin bir başka çalışma Søgaard'ın kaleme aldığı *"Blok zincir Tabanlı KDV Ödeme Platformu (A Blockchain-enabled Platform for Vat Settlement)"* adlı makaledir. Söz konusu makalede Søgaard, KDV ödemelerinde kullanılmak üzere dağıtık defter teknolojisi üzerine inşa edilmiş bir platform prototipini önerirken, *"Hükümet gelirlerini garantileyen ve aynı zamanda kobiler üzerindeki yönetim yükünü hafifletmeye yönelik bir bilişim tabanlı KDV ödeme sisteminin nasıl dizayn edileceği"* sorusuna cevap aramıştır **(Søgaard, 2021).**



Şekil 17. Geçerli bir işlem örnek diyagramı

Kaynak: (Søgaard, 2021, s. 10)

Söz konusu makalede, Azur Blok zincir ağı üzerinde ve solidity yazılım dili ile geliştirilmiş akıllı sözleşme vasıtasıyla alıcı ve satıcılar arasında gerçekleştirilecek işlemlerin dağıtık defter yapısında kaydı ve izlenilmesi üzerinde durulmuştur. Geliştirilen prototip satıcı, alıcı, otorite (vergi otoritesi), banka olmak üzere dört adet rol içermektedir. Ticari muameleler öncelikle blok zincir dışında (off-chain) alıcının satıcının sattığı mallar ile ilgilenmesi ile başlamaktadır. Alıcı söz konusu malı almaya niyetlendiğinde *CreateInvoice ()* fonksiyonu ile ağ üzerinde iletişimi başlatır. Satıcı, alıcı, banka ve otorite

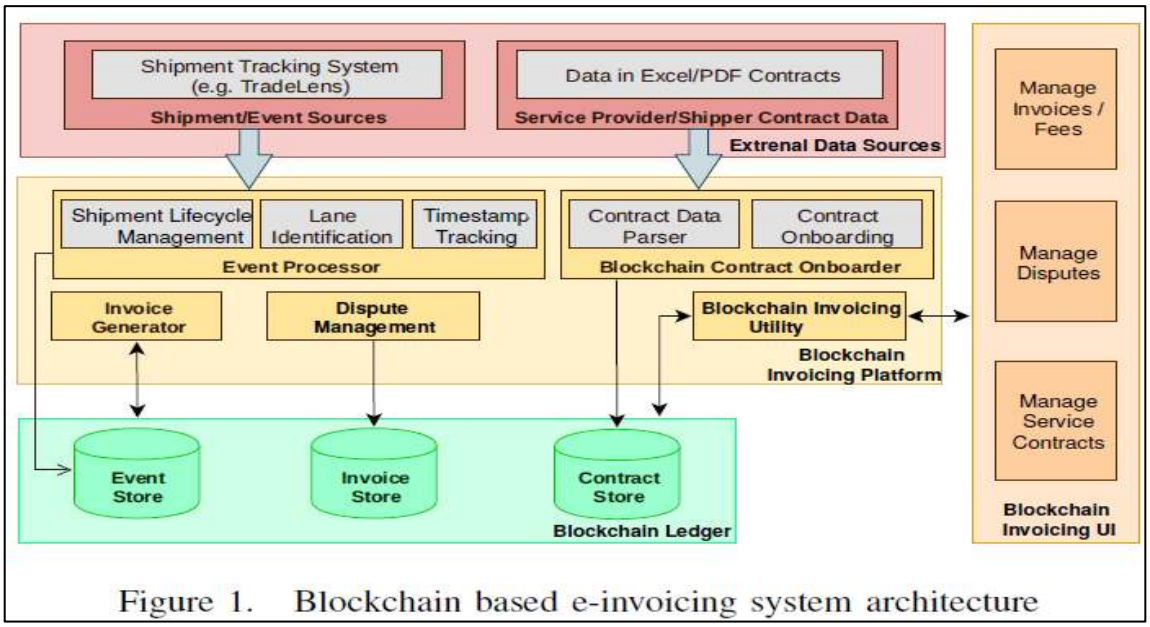
için faturada doldurulması gereken (fiyat, KDV tutarı gibi) alanları doldurur. Söz konusu fonksiyon satıcı tarafından temin edilen parametreler üzerinden faturanın hash kodunu üretir. Faturanın hash kodu onu biricik hale getirir ve tüm fatura yerine hash kodunun saklanması zincir üzerindeki depolama yükünü hafifletir.

CreateInvoice () fonksiyonu, kendi içinde *"CanBeNegotiated ()"*, *"IsNegotiating ()"* aşamalarından geçtikten sonra fatura ile ilgili durumu *"Created ()"* aşamasına getirmektedir. Bu aşamadan sonra faturanın alıcı ve satıcı arasında mutabakatını sağlamak üzere *"Negotiate ()"* fonksiyonu devreye girmekte ve *AcceptInvoice ()* fonksiyonu ile faturanın durumu "kabul edilmiş" hale gelerek alıcı ve satıcı arasında faturanın varlığı onaylanmaktadır. Fatura kabul edildikten sonra banka paylaşılan fatura bilgisinden hareketle satıcının alacağı meblağı ve vergi otoritesinin tahsil edeceği KDV tutarını öğrenir ve *"AcceptPayment ()"* fonksiyonunu çağırarak ödeme işlemlerini başlatır. Ödeme gerçekleştikten sonra denetim fonksiyonu devreye girer ve denetçi *"AuditOk ()"* fonksiyonu ile işlemi onaylar. Tüm bu adımlar blok zincir ağında kriptografik imzalar ile kayıt altına alınır. Söz konusu prototipte, Azure Blok zincir çalışma prensibi, taraflar arasındaki iletişimi şifreli hale getirmeyi garanti etmektedir. Böylelikle, işlemsel bilgilerin ağa dağıtımı sırasında yapılan şifreleme ile sadece işlemin ilgili tarafı olan alıcı, satıcı, banka ve vergi otoritesi fatura bilgisini görebilmektedir. Tüm fatura bir bütün halinde şifrelenerek byte şeklinde transfer edilmekte ve veri güvenliği sağlanmaktadır **(Søgaard, 2021, 9–11).**

E-fatura ve blok zincir ile ilgili bir diğer öneri de Narayanam ve diğerleri tarafından ele alınan *"Uluslararası Ticaret İçin Blok zincir Tabanlı E-Fatura Platformu (Blockchain Based e-Invoicing Platform for Global Trade)"* başlıklı makalede yer almaktadır. Söz konusu makalede ele alınan husus, bir taşıyıcının gerçek zamanlı taşıma takip bilgileri ve alıcı ile satıcı arasındaki önceden kararlaştırılmış hizmet sözleşme tarifeleri dikkate alınarak blok zincir tabanlı bir faturanın oluşturulması hususudur. Makalede önerilen blok zincir sistemi, Hyperledger Fabric ağı üzerinde çeşitli eklentileri de içeren bir blok zincir ağı olup, akıllı sözleşmeler açısından kullanılan yazılım dili ise Go Language (Google) dili olarak belirtilmiştir **(Narayanam ve diğerleri, 2020).**

Narayam ve diğerlerinin önerdiği blok zincir tabanlı otomatik fatura sisteminde, "*sözleşme yönetimi", "fatura oluşturma", "ihtilaf yönetimi", "muhasebeleştirme ve ödeme yönetimi için müşteri etkileşim ortamı"* ve *"uyarı bilgilendirmesi"* olmak üzere 5 ana karakter bulunmaktadır. Sözleşme yönetiminde (contract management) oluşturulan sözleşme tarifeleri, genel olarak kullanılan nakliye rotalarında müşteriler arasında

kararlaştırılan ücretlerin blok zincir ağına önceden tanımlanması söz konusudur. Sistemde ayrıca TradeLens ismi verilen gerçek zamanlı ve blok zincir tabanlı bir nakliye takip programı ile de kararlaştırılmış bir nakliye sürecinde nakledilecek malların gerçek zamanlı takibi de yapılabilmektedir.



Şekil 18. Blokzincir tabanlı e-Fatura sistem dizaynı

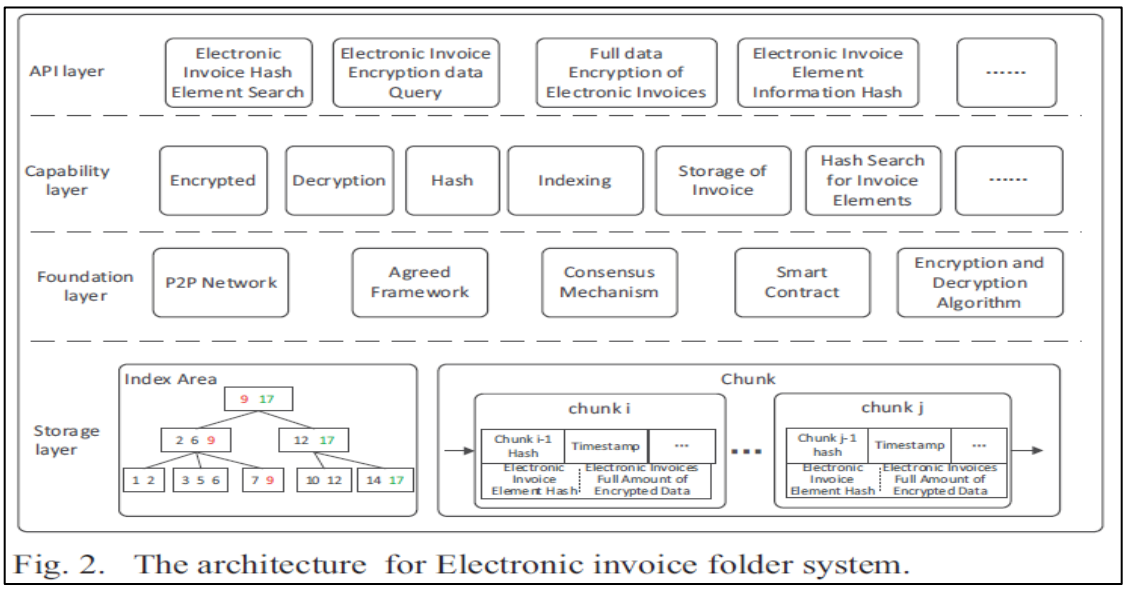
Kaynak: (Narayanam ve diğerleri, 2020, s. 387)

Önerilen sistemde, Hyperledger Fabric üzerinde çeşitli ara yüzlerle müşterilerin gerekli işlemlerini daha kolay yapması amaçlanmaktadır. Sistem dizaynı *Event Processor-EP* (Olay İşleme) ile başlamakta, bu aşamada TradeLens üzerinden elde edilen gerçek takip bilgileri ile sisteme tanımlanmış olan rota/ücret bilgileri derlenmektedir. Fatura oluşturma modülü (Invoice Generation- IG), her bir nakliye rotasına isabet eden sözleşme ücretleri ve TradeLens blok zincir ağından elde edilen gerçek zamanlı taşıma takip verilerinden üretilen nakliye mesafe bilgileri üzerinden otomatik olarak e-fatura oluşturma amacı ile tanımlanmış akıllı sözleşmeleri içermektedir. Blok zincire tanımlanmış her bir rotaya isabet eden sözleşme ücretleri ve TradeLens 'ten edinilen mesafe bilgileri *computeFees* komutu ile faturalandırılmaktadır. Burada sistemin getirdiği bir avantaj ise, nakliye sırasında ortaya çıkan diğer harcamaların da *AddManualFee* komutu ile mevcut faturaya ilave edilebilmesidir. *ManageDispute* komutu ile de işlemlere ilişkin herhangi bir uyuşmazlığın taraflarca dile getirilmesine yönelik ara yüz oluşturulmaktadır. Bu ara yüzde, müşteriler herhangi bir uyuşmazlığa ilişkin bildirim ve dokümanlarını sisteme

iletebilmektedir. *BlockchainLedger* bileşeni ise, blok zincir ağ kullanıcıları arasında verilerin depolandığı alanı ifade etmektedir. Bu alanda gerçek zamanlı nakliyat bilgileri, faturalar, sözleşmeler gibi sistem unsurları depolanmaktadır **(Narayanam ve diğerleri, 2020, 386–388).**

E-faturaların blok zincir ağında güvenli bir şekilde depolanabilmesine yönelik yürütülen bir başka çalışma ise Yang ve diğerleri tarafından ele alınan *"Elektronik Faturaların Blok zincir Yoluyla Gizlilik Korumasına Yönelik Bir Uygulama Metodu (One Method for Implementing Privacy Protection of Electronic Invoices Based On Blockchain)"* başlıklı makalede ele alınmıştır. Söz konusu makalede Yang ve diğerleri, blok zincir teknolojisi kullanılarak elektronik faturaların gizli ve güvenli bir şekilde korunmasına yönelik bir şema ortaya koymuşlardır **(J. Yang, Hou, Li ve Zhu, 2021).**

Blok zincir teknolojisinin doğası gereği herkese açık bir defter yapısı ihtiva etmesi nedeniyle tüm düğümlerin zincirde yer alan bilgileri elde etme hususu söz konusudur. Özellikle e-fatura gibi bir işletmenin finansal durumu hakkında bilgi içeren verilerin ağda yer alan kötü niyetli veya rekabetçi düğümlere açık olması satıcıların finansal güvenliğine tehdit oluşturmaktadır. İlgili makalede bu amaçla e- faturaların zincire eklenmesinden sonra korunmasına yönelik öneriler getirilmiştir. Önerilen sistemde, zincire e-faturaların eklenebilmesi firmalar veya faturalandırma servisi tarafından gerçekleştirilmekte ve bunların zincir üzerinde faaliyete başlayabilmeleri için de merkezi bir sertifika otoritesinden (CA) sertifika edinmeleri gerekmektedir.



Şekil 19. E-fatura dosya sistemi mimarisi

Kaynak: (J. Yang ve diğerleri, 2021, s. 10)

Sistem, bir elektronik faturaya fatura numarası ve fatura kodu üzerinden endekslemektedir. Bu endeks sayesinde elektronik faturanın zincirdeki lokasyonu (Index area) belirlenmektedir. Bu endeks bölgesi blok zincir ağında herkese açık durumdadır. Daha sonra fatura içinde yer alan fatura bileşen bilgileri (fatura numarası, fatura kodu, fatura tarihi ve miktar) üzerinden bir **hash kodu** elde edilmektedir. Son aşamada ise elektronik faturanın tüm bilgileri üzerinden asimetrik şifreleme yapılmaktadır. Her kullanıcının açık anahtarı ve özel anahtarı bulunmakta olup açık anahtar blok zincir ağı üzerinden her düğümce temin edilebilmektedir. Özel anahtar ise kullanıcıların şahsi bilgisayarlarında saklanmakta ve bu anahtar ile sorgulanmak istenen elektronik faturanın şifresi çözülebilmektedir. Eğer bir kullanıcı bir elektronik faturayı görmek isterse öncelikle faturanın endeks bilgisini sistem üzerinde sorgulayacaktır. Sorgulama sonucunda faturanın varlığı sistem üzerinde teyit edilirse, sistem üzerindeki söz konusu fatura bileşenlerinin (fatura numarası, fatura kodu, fatura tarihi ve miktar) **hash** değeri ile kullanıcının elinde olan hash değeri karşılaştırılmakta ve iki hash değeri eşit olursa kullanıcının söz konusu şifreli faturayı deşifre etmesine izin verilmektedir. Böylelikle bir elektronik faturanın şifreli bir şekilde ağ üzerinde depolanması sağlanmakta iken sadece ilişkili kişilerin söz konusu faturayı görebilmeleri sağlanmaktadır **(J. Yang ve diğerleri, 2021, 100–101).**

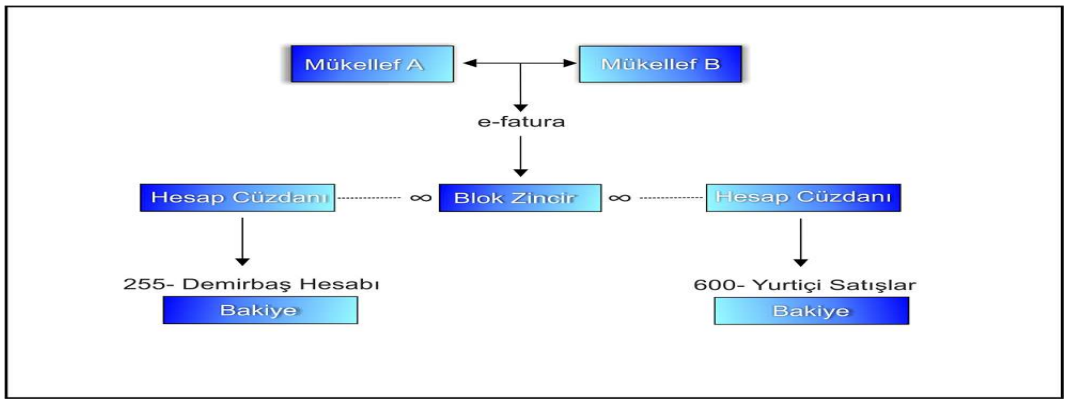
Yukarıda yer alan çalışmalardan görüleceği üzere e-faturaların blok zincir ağına entegre edilmesi, bu ağ üzerinde güvenli bir şekilde depolanabilmesine yönelik pek çok çalışma mevcuttur. Söz konusu çalışmaların birçoğunda, önerilen blok zincir ağında bir otoritenin ağa katılımcı belirlemesinde yetkilendirildiği ve sisteme yüklenecek mükelleflerin belli bir liste şeklinde önceden tanımlandığı veya bir sertifika otoritesince verilecek sertifikalarla belirlenmekte olduğu görülmektedir. Geliştirilen prototiplerde, alıcı ve satıcı arasındaki mesajlaşmalar, oluşturulan e-fatura temel bileşenleri ve e-faturanın tamamı üzerinde şifreleme algoritmaları önerilerek güvenlik temini sağlanmaktadır. Bununla birlikte e-faturaların sadece ilgili taraflarca görülebileceği şekilde ticari mahremiyetin sağlanmasına yönelik öneriler de mevcuttur.

4.3. Vergi Usul Kanunu Açısından Blok zincir Teknolojisi

4.3.1. Mükellefin Ödevleri Açısından

213 sayılı Vergi Usul Kanunu açısından blok zincir teknolojisinin mükelleflere getirebileceği en büyük kolaylık vergisel ödevlerin yerine getirilmesinde otomasyonun sağlanması yönünde ortaya çıkacaktır. Özellikle bilanço esasına tabi olanların tutması gereken 183. Maddedeki yevmiye defteri, 184. Maddedeki defter-i kebir ve 186. Maddedeki envanter defteri ile işletme hesabı esasına tabi olanların tutması gereken 193. Maddedeki işletme defterlerinin blok zincir ağına entegre edilecek akıllı sözleşme yazılımları ile oluşturulabilmesi imkânı bulunmaktadır.

Bu hususta bir ticari işletmenin bilanço hesaplarını oluşturan işlemlerin e-fatura veya diğer teşvik edici belgelerle yazılım üzerinden ilişkilendirilmesi suretiyle hesap planlarına atılacak tutarlar belirlenebilecektir. Örneğin blok zincir ağında yayımlanan bir satış faturası neticesinde, faturanın mahiyeti akıllı sözleşme ile 600-Yurt İçi Satışlar hesabı ile ilişkilendirilebilecek, ilgili mükellefin hesap cüzdanında bir hesap döneminde 600-Yurt İçi Satışlar hesabının toplu halde takibi neticesinde Gelir Tablosuna atılacak satış tutarları hesaplanabilecektir. Bir başka örnek olarak bir mükellefin blok zincir ağına ekleyeceği alış faturasında ilgili faturanın demirbaş alımı ile ilgili olduğu akıllı sözlem yazılımı ile ilişkilendirildiğinde, ilgili bakiye mükellefin hesap cüzdanında 255-Demirbaş Hesabında izlenebilecek ve dönem sonunda bu hesabın bakiyesi bilançoya aktarılabilecektir.



Şekil 20. Blokzincir cüzdanı muhasebe hesap örneği

Kaynak: Tarafımızca Oluşturulmuştur.

Böylece bir mükellefin ticari işlemlerine ilişkin her blok zincir kaydında akıllı sözleşme yazılımı sayesinde ilgili hesap bakiyeleri oluşturulabilecektir. Oluşturulacak bu hesap bakiyeleri sayesinde mükellefin hesap dönemi sonundaki gelir tablosu ve nihayetinde de bilançosu şekillenebilecek ve bu sayede vergisel hesaplamalara konu edilecek matrah bilgileri de ortaya çıkabilecektir. Esasen blok zincir teknolojisi bir defter-i kebir mahiyetinde olduğu için, mükelleflerin önemli bir ödevi olan defter tutma işlemi de otomatik yazılımlar sayesinde gerçekleşebilecektir.

Blok zincir teknolojisinin mükellef ödevlerine getirebileceği en önemli kolaylık ise 253. Maddede belirtilen muhafaza ve ibraz ödevine ilişkin ortaya çıkabilecek kolaylıktır. İlgili maddeye göre defter tutmak zorunda olan mükellefler, tuttukları defterler ile fatura, perakende satış vesikası, gider pusulası, müstahsil makbuzu, serbest meslek makbuzu ve kanunla getirilen diğer vesikaları ilgili bulundukları yılı takip eden takvim yılından başlayarak beş yıl süre ile muhafaza etmeye mecburdur. 256. Maddeye istinaden ise, muhafaza kapsamına alınan defter ve vesikaların muhafaza süresi içinde yetkili makamlarca talep edilmesi durumunda bunların ibraz edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla 253 ve 256. Maddeler mükelleflere önemli ödevler yüklemektedir.

Muhafaza ve ibraz ödevinin yerine getirilmemesi mükellefler için önemli sonuçlar doğurmaktadır. Bu sonuçlar hukuki ve mali sonuçlar olarak ortaya çıkmaktadır. Talep edilen defter ve vesikalarını ibraz etmeyen mükellefler, 359. Maddede belirtilen kaçakçılık suçu ile temaslandırılabilmektedir. Zira 359-a/2. Bendine göre vergi incelemesine yetkili kimselerce talep edilmesine rağmen defter ve belgelerin ibraz edilmemesi gizleme olarak kabul edilmekte ve defter ile belgelerini gizleyenler hakkında ilgili Cumhuriyet Savcılıklarına gönderilmek üzere vergi suçu raporları tanzim edilebilmektedir. Defter ve belgelerini ibraz etmeyen mükelleflerin mali olarak en büyük eleştirileri aldığı vergi türü ise genellikle KDV yönünden ortaya çıkmaktadır. Uygulamada belli bir döneme ilişkin defter ve vesikalarını ibraz etmeyen mükelleflerin o dönemdeki tüm KDV beyannamelerinde yer alan "bu döneme ait indirilecek KDV" satırlarındaki tutarlar sıfır kabul edilerek beyanname tekrar hesaplanmakta ve re 'sen tarh edilecek vergilere de 3 kat vergi zıyaı cezası uygulanmaktadır. Dolayısıyla defter ve belgelerin ibraz edilmemesi mali ve hukuki olarak çok önemli sonuçlar doğurmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin muhafaza ve ibraz ödevi bakımından mükelleflere getireceği en büyük kolaylık ağa kaydedilmiş bir faturanın veya bu faturalar veya diğer tevsik edici vesikalar suretiyle oluşturulan defter kayıtlarının bir daha değiştirilemeyecek ve silinemeyecek şekilde ağ üzerinde yer almasıdır. Böylelikle defter ve vesikaların

yanması, çalınması, kaybolması veya sadece istenilmemesi gibi nedenlerle ibraz edilememe hususu ortadan kaldırılabilecektir.

Bir diğer husus ise, kayıt zamanına uyma ödevi ile ilgili kolaylıktır. Vergi Usul Kanunu'nun 219. Maddesine göre mükellefler, vergisel muamelelerini işin hacmine ve icabına uygun olarak muhasebenin intizam ve vuzuhunu bozmayacak bir zaman zarfında kaydetmelidirler. Bu gibi kayıtların on günden fazla geciktirilmesi caiz değildir. Kayıtlarını muhasebe fişi, primanota ve bordro gibi yetkili amirlerin imzasını taşıyan vesikalarla yürüten işletmeler açısından ise bu muamelelerin esas deftere intikali 45 günden daha fazla sürmemelidir. Serbest meslek kazanç defterine ise muameleler günü gününe kaydedilmelidir. Bu kapsamda kanun, kayıt zamanı açısından mükelleflere süre sınırlaması getirerek bir ödev yüklemektedir. Blok zincir sisteminde ağa girilecek kayıtlar zaman damgalı ve geriye doğru değiştirilemez nitelikte olduğundan, mükelleflerin kayıt zamanı yönünden bir sorumlulukları da olmayacaktır.

Blok zincir teknolojisi sayesinde kayıtların eş zamanlı olarak hesaplara aktarılabilmesi hususu, sistemin otomatik olarak ve hesap cüzdanları nezdinde defter kaydı üretmesine vesile olabilecektir. Defter kayıtlarının sistemden otomatik olarak üretilebilmesi, bu minvalde mükelleflerin kanunun 220. Maddesine istinaden defter tasdik ettirme ödevini de ortadan kaldırabilecektir. 221. Maddede belirtilen tasdik zamanlarına uyulmaması durumunda mükellefler aleyhine 352. Maddede belirtilen birinci ve ikinci derece usulsüzlük cezalarının uygulanması sorunu da ortadan kalkabilecektir.

4.3.2. Vergisel İşlem Süreçleri Açısından

Türk vergi sisteminde vergisel işlem süreçleri vergiyi doğuran olay (md.19) ile başlamakta, tarh (md.20), tebliğ (md.21), tahakkuk (md.22) ve tahsilat (md.23) işlemi ile tamamlanmaktadır. Vergiyi doğuran olay, vergi kanunlarının vergiyi bağladıkları olayın vukuu veya hukuki durumun teemmülü olarak tanımlanmış ve vergi alacağının bu şekilde doğacağı belirtilmiştir. Dolayısıyla vergisel bir işlemin gerçekleşmesi veya bununla ilgili bir hukuki durumun gelişimi devlet açısından ortaya bir vergi alacağını çıkaracaktır. Blok zincir teknolojisinin gerçekleştirilen vergisel işlemlerin vergi otoritelerince eş zamanlı takibine izin vermesi vergiyi doğuran olayların daha kolay bir şekilde tespitine imkân verecektir.

Vergiyi doğuran olayın tespiti açısından Hazine ve Maliye Bakanlığı Risk Analiz Genel Müdürlüğü tarafından RADAR sistemi çerçevesinde vergi kayıp ve kaçağının en

aza indirilmesi amacıyla pek çok sektörel çalışma yapılmaktadır. Özellikle sosyal medya fenomenleri olarak bilinen içerik üreticileri ve yine bu mecrada ürün tanıtımı yolu ile gelir elde edenler ile dijital göçebelerin vergisel taban içine alınabilmesi başta olmak üzere, gayrimenkul sektörü, araç alım-satım sektörü, gıda sektörüne yönelik pek çok sektörel analizler bakanlıkça yapılmaktadır. İlgili genel müdürlükçe yapılan çalışmalarda farklı veri kaynaklarından elde edilen verilerin analize tabi tutulması söz konusudur. Örneğin sosyal medya fenomenlerinin tespit edilip vergi tabanı içine alınmasında Banka verileri esas alınmış ve Google, Facebook, İnstagram, Youtube gibi sosyal mecra platformlarının yurt dışı merkezlerinden Türkiye'deki gerçek kişilerin banka hesaplarına gönderilen paraların takibinin yapılmasına yönelik analizler önemli rol oynamıştır. Gayrimenkul ve araç alım satım sektörüne yönelik risk analiz çalışmasında ise bunların satışına aracılık eden popüler internet sitelerinden elde edilen veriler, noter verileri, banka verileri, tapu verileri gibi çeşitli veri kaynaklarından elde edilen veriler üzerinden ticari faaliyeti gerektirecek ölçüde mükerrer alış satış işlemlerinin takibi sağlanmaktadır.

Dolayısıyla vergi kayıp ve kaçaklarının engellenmesinde ve vergiyi doğuran olayların doğru bir şekilde tespit edilebilmesinde farklı veri tabanlarından elde edilen veri grupları üzerinde analizler yapıldığı görülmektedir. Ancak bunun yerine ulusal bir blok zincir ağı kurularak vatandaşlara sunulacak ara yüz programları ile vergi, tapu, noter, bankacılık işlemleri gibi vergisel sonuç doğuracak işlemlerin takibi daha kolay yapılabilecektir. Örneğin bir blok zincir ağı ile bağlantılı bir web servis ara yüzünde araç almak isteyen alıcının satıcı ile buluşması ve daha sonra akıllı sözleşme vasıtasıyla noter işleminin görülmesi suretiyle hem işlem kolaylığı sağlanacak hem de bu işlemlerin takibi yapılarak gerçek usulde vergilendirmeyi gerektirecek bir durum kolaylıkla takip edilebilecektir.

Vergisel işlemlerin önemli bir adımı olan tarhiyat işleminin de beyan üzerine alınan vergilerin tarhiyatı başta olmak üzere akıllı sözleşmelerin beyanname oluşturulmasında devreye girmesiyle otomatik olarak blok zincir sistemi üzerinden gerçekleşme ihtimali bulunmaktadır **(Biyan ve Carda, 2021, s. 99).** Her bir mükellefin hesap cüzdanı özelinde ve akıllı sözleşmeler yardımıyla Gelir tablosuna ilişkin hasılat ve gider hesaplarının vergilendirme dönemi boyunca şekillenmesi ve vergi öncesi matrahın belli olması durumunda yine akıllı sözleşmeler vasıtasıyla beyannamenin oluşturulması mümkün olabilecektir. Beyannamenin oluşturulmasından sonra da tarhı gereken vergi hesaplanabilecektir. Söz konusu sistemsel öneri, Estonya Devleti'nin Xroad bütünleşik enformasyon sistemleri uygulamasında olduğu gibi beyannameye yönelik önceden

doldurulan bilgilerin bankalar, işverenler, sosyal güvenlik kurumları gibi çeşitli hükümet kaynaklarından veri tabanı olarak tanımlanacak blok zincir ağına entegre edilecek bilgilerle de kontrolünü sağlayacak bir alt yapıyı da barındırabilecektir.

Bir başka önemli vergilendirme aşaması olan tahsilatta ise, tarh edilerek tahakkuk olan ve ödeme aşamasına gelen bir verginin ödenmesinde, blok zincir sistemine entegre edilecek bankacılık hizmetleri otomasyon açısından önemli bir adım olacaktır. Özellikle Bitcoin ile birlikte blok zincirin bankacılık sistemine entegre edildiği ve bazı ülkelerde neredeyse bir ödeme platformu haline geldiği görülmektedir. Vergisel işlem ve bankacılık sistemlerine yönelik pek çok akademik çalışma mevcuttur. Bunlardan biri Vergi idaresi ve banka etkileşimi üzerine bir blok zincir ağı kurulmasına yönelik Lu ve diğerleri tarafından ele alınan *"Akıllı Şehirde Banka ve Vergi Etkileşimine Dayalı Yeni Bir Blok zinciri Sistemi (BIS: A Novel Blockchain Based Bank-tax Interaction System)"* başlıklı makalede dile getirilmiştir. İlgili makalede yazılım kodları ile birlikte paylaşılan sistem önerisinde, vergi idaresinden temin edilen vergi ile ilişkili veriler ile Bankalar ve Bankacılık Üst Kurulunun yer aldığı bir blok zincir ağı önerisinde bulunulmuştur. Banka ve vergi etkileşiminin ele alındığı makalede açık anahtar ile şifrelenen vergisel bilgilerin ilgili bankaların özel anahtarı ile çözülebildiği bir prototip tasarlanmış ve vergisel verilerin bankalarca deşifresi sonrasında ise küçük ve orta ölçekli işletmelere kredi kullandırımına yönelik blok zincir tabanlı bir çözüm sunulmuştur. Bu akademik çalışmada yer alan mantıktan hareketle blok zincir ağı üzerinde oluşan matraha ait bilgiler şifrelenerek ilgili banka üzerinden şifrenin çözümü ve neticesinde ödeme işleminin tamamlanması mümkün olabilecektir **(Lu, 2019, 1008–1009).**

4.3.3. Kişisel Verilerin Korunması ve Vergi Mahremiyeti Açısından

Blok zincir teknolojisinin vergi alanında kullanılmasına ilişkin bir başka önemli husus ise mükelleflerin kişisel verilerinin ve ticari sır niteliğindeki verilerinin korunması ve idarenin de vergi mahremiyeti açısından sorumlulukları olarak karşımıza çıkmaktadır. Gerçekten de bir mükellefin örnek olarak bir ticari anlaşma neticesinde almış olduğu avans niteliğindeki paralar, yapılmakta olan yatırımlara ilişkin kullanılan krediler veya değersiz hale gelen karşılıklar gibi işletme içinde kalması gereken bilgilerin blok zincir ağında herkese açık olarak yer alması kişisel veri ve ticari sır açısından rekabet ortamının bozulmasına sebep olabilecektir.

Kişisel verilerin korunması ve işlenmesine ilişkin olarak mevzuata giren en önemli düzenleme 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'dur. Bu kanun kapsamında kişisel veri *"kimliği belirli veya belirlenebilir gerçek kişiye ilişkin her türlü bilgi"* olarak tanımlanmıştır. Kişinin ismi, kimlik numarası, ikametgâhı, elektronik ortamdaki bilgileri (IP) ve kişinin kimliğini ortaya çıkarmaya yönelik her türlü bilginin kişisel veri kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir **(Durmuş, 2017, s. 392).**

Blok zincir teknolojisinde kişisel veri kavramının nasıl şekillenebileceği hususunda işlem verileri ve genel anahtar kavramı üzerinde durulması gerekmektedir. İki basamaklı doğrulama sistemine sahip asimetrik bir şifreleme sistemine dayanan dağıtık defter teknolojisi sisteminde her kullanıcının bir özel (private key) ve bir de genel/açık anahtarı (public key) bulunmaktadır. Genel anahtarlar işlemleri etkileştirmek amacıyla başkalarına paylaşılırken bir nevi hesap numarası mahiyetindedir. Özel anahtarlar ise kişiye özel anahtarlardır. Blok zincir teknolojisinde veriler düz metin (plain text), şifreleme (encrypted) ve kriptografik özetleme fonksiyonları (hash) yardımı olmak üzere üç şekilde depolanmaktadır. Şifreleme yönteminde veriler takma veri olarak değerlendirilmekte ve bu veriler yolu ile şahıslar belirlenebilir olduklarından dolayı her ne kadar veriler şifrelense de bu veriler kişisel veri olarak kabul edilmektedir. İlaveten veri içeriğinin anlaşılmayacak şekilde karıştırılması anlamına gelen *tersine çevrilebilir şekilde şifrelenmiş verilerde* asimetrik şifreleme yolu ile şifrelerin farklı anahtarlarla çözülebilmesi durumunda bile, kişisel veriler yalnızca takma adlı verilere dönüştürüldüğünden ve ilgili kişi hakkında bazı bilgileri içerebildiğinden dolayı bu tür şifrelenmiş veriler de kişisel veri olarak adlandırılmaktadır. Hash fonksiyonları ile kriptografik hale gelen veriler de veri seti ile kişilerin ilişkilendirilmesinin hala mümkün olabilmesi sebebiyle kişisel veri olarak tanımlanması gerekmektedir. Harf ve sayı dizisi biçiminde karşımıza çıkan genel anahtarlar adres (IP) ve isim bilgilerini barındırdıklarından anonim bir yapı ihtiva etmemektedir. Bu minvalde genel anahtarlar da işlem verileri gibi kişisel veri niteliği taşımaktadır **(Blockchain Türkiye Platformu, 2019, 28–32).**

Dolayısıyla blok zincir teknolojisi açısından genel(açık) anahtarlar ve blok içerisinde yer alan veriler (asimetrik şifrelenseler dahi) gerçek kişi ile ilişkilendirilebilen veriler olduğu için kişisel veri olarak tanımlanmaktadır. Ancak blok başlığında yer alan bilgiler kullanıcılara özel olmaktan ziyade, o bloğun ağ üzerinde tanınmasına yönelik bilgiler içerdiğinden ve blok başlığına bakarak blok içeriğindeki verilere ulaşılmayacağından dolayı bu bilgiler belirli veya belirlenebilir gerçek kişilere ilişkin

değildir. Bu minvalde blok başlıklarının kişisel veri niteliğinden söz edilemez **(Güçlütürk, 2019, s. 34).**

6698 sayılı kanunun 3. Maddesine göre kişisel verilerin işlenmesi, bu verilerin kısmen veya tamamen otomatik olan yollarla veya bir veri kayıt sisteminin parçası olarak otomatik olmayan yollarla elde edilmesi, **kaydedilmesi, depolanması, muhafaza edilmesi**, değiştirilmesi, yeniden düzenlenmesi, açıklanması, aktarılması, devralınması, elde edilebilir hale gelmesi, sınıflandırılması ya da kullanılmasının engellenmesi gibi veriler üzerinde gerçekleştirilen her türlü işlem olarak tanımlanmıştır. Bu minvalde, yukarıda değinilen ve blok zincir sisteminde kişisel veri olarak tanımlanan verilerin ağ üzerinde kaydı ve depolanması esasen kanuna göre bu verilerin işlenmesi hükmündedir.

Kişisel veri olarak tanımlanan verileri işlenen gerçek kişilerin 6698 sayılı kanun kapsamında bazı hakları bulunmaktadır. Bunlardan biri 11. Maddede belirtilen ve veri sorumlusuna başvurarak elde edinilen kişisel verilerin işlenip işlenmediğini öğrenme hakkı, bilgi talep hakkı, kişisel verilerin işleme amacına uygun olarak kullanıp kullanılmadığını öğrenme hakkı, bu verilerin aktarılıp aktarılmadığını öğrenme hakkı ve eksik veya yanlış işlenmiş verilerin düzeltilmesi hakkıdır. Kanunun 10. Maddesine istinaden veri sorumluları bu hususlar ile ilgili bilgi vermekle yükümlü tutulmuştur. İlaveten veri sorumlularının kişisel verilerin hukuka aykırı olarak işlenmesi ve erişilmesini önlemek ve muhafazasını sağlamak amacıyla uygun güvenlik tedbirlerini alma sorumluluğu da bulunmaktadır (md.12).

Dolayısıyla, kanun metnine istinaden kişisel verileri işleyen ve muhafaza eden veri sorumlularının önemli sorumlulukları bulunmaktadır. Bu kapsamda, blok zincir teknolojisinde veri sorumlusu olarak tanımlanacak aktörlerin de belirlenmesi gerekmektedir. Açık ve izin gerektirmeyen blok zincir ağlarında veri sorumlusu olarak tanımlanacak aktörlerin tayin edilmesi hususunda bir kesinlik bulunmamaktadır. Ağda yer alan ve kod yazarak protokol ortaya çıkaran protokol geliştiricilerinin ve işlemleri onaylayarak blok zincir ağına yerleştiren madencilerin üstlendikleri fonksiyon nedeniyle veri işleme sürecinin amaç ve araçlarını belirleyemediklerinden hareketle veri sorumlusu olarak kabul edilmediği görüşü yaygındır. Konsorsiyum mekanizması olarak adlandırılan ve kararlaştırılan bir algoritmaya göre deftere veri eklemeye izin verilen *onaylama düğümleri* ve verilerin onaylama düğümlerinden önce yazıldığı ve onaylanmak üzere bu düğümlere gönderildiği *katılma düğümlerinin* veri sorumlusu olup olmadığı hususunda tartışmalar bulunmakla birlikte düğümler esasen yalnızca verilerin şifreli ve kriptografik

özet sürümünü görebilmekte ve ilgili verilerde bir değişiklik yapamamaktadır. Bu nedenle KVK kanunundaki veri sorumlusu tanımındaki yetkileri haiz değildir.

Bir blok zincir ağında başlangıçtan itibaren tüm işlem kayıtlarının kopyasını tutan ve ağda yazma hakkına sahip olan katılımcıların veri sorumlusu olarak tanımlanabileceği hususunda CNIL (Fransa Ulusal Bilgi İşlem ve Özgürlükler Komisyonu) tarafından olumlu görüş bildirilmiştir. Bu minvalde bir noterin ilgili kişilerin tapu belgelerini kayıt altına almasında veya bankanın müşteri verilerini bir blok zincir ağına kaydetmesinde noter ve banka veri sorumlusu olarak kabul edilecektir. Bir diğer husus ise, bir servis sağlayıcısı üzerinden kripto varlık ve cüzdan hizmeti sunan borsa ve cüzdanlar açısından bu hizmeti sunan servis sağlayıcısının veri sorumlusu olarak kabul edileceğidir.

Açık ve izin gerektirmeyen blok zincir ağlarında ver sorumluluğuna ilişkin muğlaklık ve tartışmalar mevcuttur. Ancak daha dar ve kurallı olan kapalı ve izin gerektiren blok zincir ağlarında veri sorumlusu olarak tanımlanabilecek aktörlerin tayini nispeten daha kolay olabilmektedir. Bu tür blok zincir ağlarında devlet kurumları veya şirketler arasından belirlenmiş bazı aktörlerin onaylama düğümü olarak görev yapabileceği ve deftere veri ekleyebileceğine karar verilebilir. Bazı durumlarda kimin hangi verileri görebileceği hususunda da kuralların getirilebileceği kapalı blok zincir ağlarında veri sorumluluğunun tayini açık zincir ağlarına göre daha kolay olabilmektedir **(Blockchain Türkiye Platformu, 2019, 38–46).**

6698 sayılı KVK kapsamında verileri işlenen gerçek kişilerin bazı hakları bulunmaktadır. Kanunun 7. Maddesinde belirtildiği üzere verilerin işlenmesini gerektiren sebebin ortadan kalkması durumunda resen veya ilgili kişinin talebi üzerine kişisel verilerin silinmesi, yok edilmesi veya anonim hale getirilmesi talebi ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca 11. Maddede gerçek kişilerin verilerinin eksik veya hatalı işlenmesi durumunda bu kişilerin düzeltme talep hakkı da bulunmaktadır. Açık ve izne tabi olmayan blok zincirlerde kişisel verilerin silinmesi, yok edilmesi ve anonimleştirilmesi hususu verilerin ağ üzerinde dağıtılmış bir sistemde ve birçok birimde depolanmış halde bulunmasından dolayı merkezi veri sistemlerinin aksine çok kolay değildir. Bu blok zincirlerin değiştirilemez yapıda olmalarından kaynaklı bir durumdur ve verilerin değiştirilmesi veya silinmesi/anonimleştirilmesi ancak ağdaki düğümlerin çoğunluğunun mutabakatıyla ve uzlaşı protokollerine uymak yolu ile mümkün olabilmektedir **(Güçlütürk, 2019, s. 37).**

Bir blok zincir ağına kaydedilmiş ve kişisel veri niteliği taşıyan bir verinin silinmesi veya anonimleştirilmesine yönelik bazı çözüm önerileri ortaya çıkmıştır. Bunlardan biri

şifrelenmiş verileri çözebilen veya hash olarak depolanan verilere erişim imkânı sağlayan özel anahtarların yok edilmesidir. Esasen bu yolla depolanmış veri tamamen silinmemekte ancak veriye erişim engellenmiş olmaktadır. Diğer bir öneri ise verilerin blok zincir üzerinde depolanmaması, blok zincir dışında depolanmasıdır. Bu yolla, ihtiyaç duyulduğunda söz konusu veriler silinebilecek veya anonim hale getirilebilecektir. Blok zincir üzerinde sadece ilgili verinin bağlı olduğu blok bilgilerini içeren hashlenmiş veri yer alacak ancak verinin içeriği başka bir yerde depolanacaktır **(Güçlütürk, 2019, s. 38).**

İlaveten blok zincir üzerinde kişisel verilerin saklanmaması ve yalnızca maskelenmiş anonim verilerinin saklanması, bir defalık anahtarlara dayanan ve bir defalık işlem gerçekleştiren gizli adreslerin kullanılması, verilere gürültü (noise) ekleyen ve işlem göndericilerinin ve alıcılarının kimliğinin belirlenmesini imkânsız kılan algoritmalar kullanılması, blok zincire önceden işlenmiş veriye ilişkin hata kaydının zincire eklenmesi gibi farklı yaklaşımlar da değerlendirilmektedir **(Blockchain Türkiye Platformu, 2019, 80–84).** Literatürde bu önerilen yöntemler arasında verilerin blok zincir ağı dışında bir başka ortamda depolanması hususu daha ağırlıklı olarak ele alınmaktadır. Kişisel verilerin zincir dışında geleneksel olarak tabir edilen veri tabanlarında tutulmasının depolama maliyetlerini düşüreceği belirtilmekte, gerçek verilerin ağ dışında depolanabileceği ve yalnızca bir referans olarak blok zincir ağında izlenebileceği ve zincir dışı konum için dosyaları adlarına göre değil de karma değerlerine göre depolayan içerik adreslenebilir bir depolama sistemi kullanılması veyahut merkezi olmayan Gezegenler Arası Dosya Sistemi (InterPlanetary File System- IPFS) gibi yöntemler ele alınmaktadır **(Diri ve Yalçınkaya, 2022, s. 50).**

Ancak açık blok zincir ağlarına nazaran kapalı ve izin gerektiren blok zincir ağlarında ana düğümlerin ve zincire veri ekleyecek düğümlerin ve uzlaşı mekanizmasını yürütecek onaylayıcı düğümlerin daha dar kapsamda belirlenebilmesi nedeniyle kişisel verileri koruyacak ve gerekli durumlarda ağ üzerindeki veri değişiklerini uygulayabilecek sorumluların daha net olması ve düzeltme, silme ve anonimleştirme işlemlerinin daha kolay yürütülebilmesi sonucunu doğurabilecektir. Bu minvalde özellikle vergisel işlemler açısından oluşturulacak blok zincir ağının kapalı ve izne tabi bir ağ yapısında olması kişisel verilerin korunması ve 6698 sayılı kanun kapsamındaki diğer hakların kullanılabilmesi açısından daha verimli sonuçlar doğurabilecektir.

Kişisel verilerin korunması ile vergi mahremiyeti arasında da bir ilişki bulunmaktadır. 213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 5. Maddesi vergi muameleleri ve incelemeleri ile uğraşan memurlara, vergi mahkemelerinde, bölge idare mahkemelerinde

ve Danıştay'da görevli olanlara, vergi komisyonlarına iştirak edenlere, vergi işlerinde kullanılan bilirkişilere mükellefle veya mükellefle ilişkili kişilerin şahıslarına, muamele ve hesap durumlarına, işlerine, işletmelerine, servetlerine veya mesleklerine ilişkin öğrendikleri sırları ve gizli kalması gereken hususları ifşa etmeme ve menfaatlerine veya üçüncü şahısların yararına kullanmama sorumluluğu getirmiştir. Benzer husus 6183 sayılı Amme Alacaklarının Tahsili Usulü Hakkında Kanunun 107. Maddesinde de dile getirilmiştir.

6698 sayılı KVK kanununda gerçek kişilerin kişisel verilerinin korunmasını esas almakta ancak tüzel kişilerin verilerine yönelik herhangi bir ifadeye yer verilmemektedir. Ancak vergi mahremiyeti kapsamına giren durumlar, gerçek ve tüzel kişilerin mahremiyet haklarına ilişkindir. Bu açıdan 6698 sayılı kanun kapsamında ele alınan veri güvenliği vergi mahremiyetinden farklılık arz etmektedir. Bu kapsamda VUK ve 6183 sayılı kanun kapsamında mahremiyeti korunacak ve sırrı saklanacak olanlar sadece gerçek kişilerle sınırlı olmayıp hem gerçek hem de tüzel kişileri kapsamaktadır **(Durmuş, 2017, s. 392).** Dolayısıyla bir blok zincir ağına kaydedilen vergisel verilerin kişisel veri kanunu kapsamında değerlendirilmesinden sonra, gerçek ve tüzel kişi mükellefler açısından vergi mahremiyeti ve sırrın ifşası yönünden incelenmesi de önem arz etmektedir.

Vergi mahremiyeti kapsamında ele alınacak konulardan biri bu kapsama giren bilgilerin, yaşanan ödeme güçlüğü, ticari ve finansal açmazlar, ortaklığın fesih edilecek olması, ihalelere teklif edilecek fiyat bilgileri gibi sır veya gizli kalması gereken konular niteliğinde olmasıdır. Vergilendirme sürecinde devletin edindiği bilgiler sadece mükelleflerin vergisel durumlarına ilişkin değil, onların alışkanlıkları, tercihleri, yakınları, servetleri gibi birçok konuda olabilmektedir. Bu kapsamda vergi mahremiyeti ve ticari sır esasen iç içe geçmiş bir yapı arz etmektedir **(Yıldız, 2019, s. 6).** İlaveten, vergi mahremiyeti kapsamına giren bilgiler, mükelleflerin gerçek kişi veya tüzel kişi olma durumlarına istinaden kişisel veri veya mali veri kapsamındaki verileri de olabilmektedir. Bu sebeple bir blok zincir ağına kaydedilen mükelleflere ait verilerin 6698 sayılı Kişisel Veri Kanunu ve Vergi Usul Kanunundaki vergi mahremiyeti kapsamındaki veriler olabilmesi bilginin niteliğine göre mümkün bulunmaktadır.

Dolayısıyla, blok zincir ağına işlenmiş bir verinin mükellefler açısından ticari sır ve vergi mahremiyeti veya kişisel veri kapsamında korunması önem arz etmektedir. Vergi mahremiyeti kapsamında devlet esasen kanunda belirtilen istisnalar hariç olmak üzere mükelleflerden elde ettiği vergisel verileri korumak ve ifşa etmemekle yükümlüdür. Ancak bir blok zincir ağında bu tür verilerin herkese açık durumda olması sorun teşkil

etmektedir. 6698 sayılı Kişisel Verileri Koruma Kanunu açısından ise, kanunun 5/2-a bendinde belirtilen "kanunlarda açıkça öngörülmesi" ve 5/2-ç bendinde belirtilen *"veri sorumlusunun hukuki yükümlülüğünü yerine yetirebilmesi için zorunlu olması"* şartlarının varlığı esas alınarak Devletin vergisel verileri açık rıza şartı olmaksızın işleyebileceği görülmektedir. Ayrıca, 28/2-ç bendinde açıklandığı üzere "*kişisel verilerin Devletin ekonomik ve mali çıkarlarının korunması için gerekli olması"* durumunun, kanun kapsamındaki aydınlatma yükümlülüğü (md.10), zararın giderilmesi hariç ilgili kişi hakları kapsamındaki yükümlülüğü (md.11) ve veri sorumluları siciline kayıt yükümlülüğü (md.16) gibi yükümlülüklerin de vergi idaresince zorunlu olmadığı görülmektedir.

Vergi idaresinin çeşitli yöntemlerle elde ettiği mükelleflere ait bilgiler kişisel veri niteliğindedir **(Durdu, 2019, s. 616).** Bu minvalde 6698 sayılı kanun kapsamında açık rıza şartı aranmaksızın kişisel veri kapsamında değerlendirilecek vergisel verilerle ilgili veri sorumlusu ve ilgili kişi hakları bakımından getirilen yükümlülüklere de istisna getirilmiştir. Her ne kadar kişisel veri olarak nitelendirilecek veyahut mali sır kapsamında vergi mahremiyetinin konusuna giren bir veri olarak değerlendirilebilecek verilerin idare tarafından toplanması ve işlenmesine serbesti getirilmiş olsa da elde edilen bu verilerin 6698 sayılı Kanun, 213 sayılı Kanun ve 6183 sayılı kanun kapsamında korunması ve bunların ifşa edilerek mükelleflerin zor durumda bırakılmamaları zorunluluktur. Bu kapsamda bir blok zincir ağına kaydedilecek ve vergi ile ilgili kişisel, ticari, mali veri kapsamında değerlendirilecek verilerin ağ üzerinde diğer mükelleflerce elde edilmemesi, vergi mahremiyeti kapsamında ifşa edilmemesi gerekmektedir.

Bu sebeple daha önce de değinildiği üzere vergisel alanda oluşturulacak bir blok zincir ağında veri sorumlularının daha kolay tespit edilebilmesi, veri onaylama ve değiştirme yetkisinin belirlenmiş düğümlere verilebilmesi, kapalı bir ekosistem içinde veri ile ilgili algoritmaların daha kolay tayin edilebilmesi gibi nedenlerle kapalı/izne tabi blok zincir ağlarının bu alanda kullanılması daha yerinde olacaktır. Vergisel verilerin vergi mahremiyeti ve ticari veya mali sır kapsamında herkese açık olmaması hususunda ise, literatürde yer alan çalışmalar da dikkate alındığında verilere gürültü (nosie) eklenmesi, ağ dışı depolama, merkezi olmayan IPFS yöntemi gibi öneriler dikkate alınabilecektir.

4.3.4. Kaçakçılık Suçu (V.U.K. md.359) Açısından

Devletin birincil gelir kaynağını oluşturan vergiler, kamu hizmetlerinin ve politikalarının üretilmesinde oldukça büyük öneme sahiptir. Teknolojik yeniliklerle birlikte vergi sistemlerinin yenilikçi alanlara kaydırılması ve vergi kayıp ve kaçaklarının önüne geçilmesi amacıyla ciddi politikalar üretilmektedir. Uzun dönemde vergi ödemelerinin gerçek zamanlı ve otomatik hale getirebilme potansiyeli bulunan bu teknolojide sistem, akıllı sözleşmeler sayesinde kendiliğinden işleyebilen bir yapıya kavuşabilecektir **(Ağcakaya ve Kaya, 2022, s. 66).** Ancak bu teknolojinin sistemi otomatikleştirme potansiyelinin yanında bir başka potansiyeli de kayıp ve kaçakla mücadele potansiyelidir.

213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 359. Maddesinde kaçakçılık suçu "defter ve belgelerde muhasebe hilesi yapılması, gerçek olmayan veya işlemle ilgisi bulunmayan kimseler adına hesap açılması, yasal defterlere kaydı gereken işlemlerin vergi matrahını azaltma amacıyla başka defter, belge veya kayıt ortamlarına aktarılması, defterlerin tahrif edilmesi, gizlenmesi, sahte ve muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge düzenlenmesi ve kullanılması, defter kayıt ve belgelerin yok edilmesi, defter sahifelerinin yok edilmesi veya başka yapraklar ile ikame edilmesi, tamamen veya kısmen sahte belge düzenlenmesi ve kullanılması olarak tadadı şekilde sayılmıştır. Bunlara ilave olarak ödeme kaydedici cihazlar ve diğer elektronik kontrol ve denetim sistemleri üzerinde tahrifat yapılması ve bu sistemlere müdahale edilmesi ile Bakanlıkça anlaşması bulunan kişiler haricinde anlaşmasız olarak belge basımı ve kullanımı da kaçakçılık suçları kapsamına alınmıştır.

213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 359. Maddesi kapsamına temas etmiş suçlarla ilgili yapılan vergi incelemesi neticesinde mezkûr kanunun 367. Maddesine istinaden Rapor Değerlendirme Komisyonu mütalaasıyla keyfiyet Cumhuriyet başsavcılığına bildirilmesi mecburidir. Cumhuriyet savcılıklarınca da söz konusu dosyalar ile ilgili olarak gerekliliğe göre kamu davası açılması söz konusu olmaktadır. 213 sayılı Vergi Usul Kanunu'na muhalefet ile ilgili 2021 yılı adalet istatistikleri aşağıdaki gibi şekillenmiştir.

Tablo 4.

2021 Yılı V.U.K.'na muhalefet ile İlgili Adalet İstatistikleri

İstatistik Verileri	TCK ve Tüm Özel Kanunlar Uyarınca	TCK ve 213 Sayılı V.U.K.'na muhalefet	Oran
Suç Sayısı (s.99)	542.325	58.709	10,83%
Mahkûmiyet Kararı (S.113)	487.304	35.280	7,24%
Hapis Cezası (s.122)	87.490	13.596	15,54%
Hapis Cezasının Ertelenmesi (s.140)	36.074	1.075	2,98%
Güvenlik Tedbiri Uygulama Sayısı (S.149)	63.888	9.828	15,38%
Adli ve İdari Para Cezası (s.131)	169.565	17	0,01%
Diğer Mahkûmiyet Karar Sayısı (s.158)	130.287	10.764	8,26%

Kaynak: **(T.C. Adalet Bakanlığı Adli Sicil ve İstatistik Genel Müdürlüğü, 2021)** verileri üzerinden tarafımızca oluşturulmuştur.

2021 yılında 213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun da dâhil olduğu özel kanunlar uyarınca Türk Ceza Kanunu kapsamına giren suç sayısı 542.325 kişi tarafından işlenmişken bunun %10,83'lük kısmı olan 58.709 kişi Vergi Usul Kanunu'na muhalefet nedeniyle suç işlemiştir. Bu kişilerden 35.280 adedi hakkında mahkûmiyet kararı verilmiş olup bunun tüm özel kanunlardan kaynaklı suç verileri içindeki oranı ise %7,24'tür. Dolayısıyla 213 sayılı Vergi Usul Kanunu'na muhalefetten kaynaklı suçların tüm özel kanunlardan kaynaklanan suçlar içindeki payı önem arz etmektedir.

213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 359. Maddesi kapsamına giren suç türlerinin en önemlilerinden biri sahte ve muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge düzenleme ve tamamen veya kısmen sahte belge düzenleme suçu ve bunların kullanılmasıdır. Vergi Denetim Kurulu 2021 faaliyet raporu incelendiğinde, toplam tarhı istenen vergilerin (24.232.837.331-TL) iki katından fazla vergi zıyaı cezası (49.332.830.117-TL) istenilmesi, sahte belge düzenlenmesi veya kullanılması başta olmak üzere kaçakçılık suçuna temas etmiş mükelleflere özellikle KDV ve Kurumlar Geçici Vergi türlerinde 344/2 madde fıkrası gereğince üç kat vergi zıyaı cezası hükümlerinin uygulandığını göstermektedir **(Vergi Denetim Kurulu, 2021, s. 42).**

Dolayısıyla 359. Madde kapsamına giren kaçakçılık suçları hem incelemelerde hem de dava aşamalarında önemli bir yer işgal etmektedir. Ülkemizde sahte ve muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge kullanımı oldukça yaygın olması, ödenecek verginin bu tür belgelerle ayarlanabilmesi, belgesiz veya hiç olmayan harcamaların bu tür belgelere dayandırılması ve kayıt dışı ekonominin varlığı, mükelleflere incelenme riskini de göze

alarak bu tür belgeleri kullanmayı teşvik ettirmektedir. Kullanmak istemeyen mükellefler bile, kullananlara nazaran rekabet ortamından olumsuz etkilediğinden dolayı bu tür belgelere yönelmektedir **(Öz ve Armağan, 2018, s. 15)**.

Blok zincir teknolojisinin 359. Madde kapsamına giren suçların tespiti ve bazı iyi niyetli mükelleflerin korunabilmesi açısından potansiyel avantajları da bulunmaktadır. Öncelikle, sistemin adından da anlaşılacağı üzere dağıtılmış bir defter-i kebir mahiyetinde olduğundan dolayı vergisel işlemlerin hesap cüzdanları bazında bu deftere kayıt altına alınabilmesi ve daha önce de değinilen üç taraflı kayıt sistemi (triple-entry) hususunu ortaya çıkarmaktadır. Blok zincir teknolojisinde belgesi olmadan yevmiye defterine kayıt söz konusu olamamaktadır. Bu minvalde belgesiz giderlerin her ay yevmiye defterine kaydedilmesi suretiyle yapılan muhasebe hileleri de önlenebilecektir **(Güngür, 2019, s. 161).** İlaveten, zaman damgalı kayıtların üç taraflı bir defter kayıt sistemine işlenebilmesi sayesinde VUK 359. Madde kapsamında yer alan suçlardan biri olan ve defter ve belge ibraz edilmemesi çerçevesinde şekillenen gizleme suçunun da önüne geçilebilecektir.

Özellikle sahte fatura kullanımı açısından ele alındığında, bu tür belgeleri düzenleyen mükelleflerin genel olarak kısa süreli ticari hayatlarında oldukça sıkışık bir zaman diliminde çok yüksek tutarlı faturaları düzenledikleri ve bu tür yüksek cirolara ulaşacak bir ticari geçmişleri ve birikimleri olmadıkları görülmektedir. Bu tür mükelleflerin düşük sermaye yapıları, az sayıda amortismana tabi makine ve araç parkları ve çalışanları olduğu ve kısa süre sonra da faaliyetlerini bıraktıkları veya Re' sen terkin edildiği bilinmektedir. Blok zincir teknolojisi sayesinde vergisel işlemlerin eş zamanlı takibinin daha rahat yapılabilmesi sayesinde bu tür mükelleflerin ağ üzerinde yer alan bilgilerinden, hesap cüzdanlarındaki mal alış ve maddi duran varlık bilgilerinden, alınan mallara ait taşıma bilgilerinden ve bunun gibi diğer pek çok bilgiden hareketle sahte faturaların takibinin yapılabilmesi daha kolay hale gelecektir.

Bir diğer husus ise sahte ve muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge kullanımında kasıt unsurudur. Gerçekten de bazı iyi niyetli mükellefler kullanmış oldukları belgelerin sahte belge olduğunu bilmeden kayıtlarına intikal ettirmekte ve daha sonrasında bilmeden kullandıkları bu belgeler nedeniyle hukuki problemler yaşayabilmektedir. 306 sıra numaralı Vergi Usul Genel Tebliği'nde bu kapsamda bazı açıklamalara yer verilmiş, düzenleme durumunda kastın varlığının aranmayacağı ancak bu tür belgeleri kullananlar açısından ise kastın varlığının aranması gerektiği ifade edilmiştir **(Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2002a).**

Ticari geçmişi olan iyi niyetli mükelleflerin bilmeden kullandıkları sahte faturaların bu mükellefler nezdinde yarattığı mağduriyetin önlenebilmesi açısından 306 Sıra No' lu VUK Genel Tebliği önemli bir açığı kapatmakla birlikte, suçun maddi unsuru olan kastın varlığı olmasa ve adli mercilere sevk edilmese bile bu mükelleflere cezalı tarhiyatlar yapılabilmektedir. Bu tür iyi mükelleflerin mağdur edilmemesi adına bilmeden kullandıkları bu tür sahte faturaları düzenleyen mükellefler hakkında bilgi sahibi olmaları esasen bir haktır. Vergi idaresinin bile sonradan haberdar olduğu sahte belge düzenleyiciler hakkında iyi niyetli mükelleflerin bilgili olmalarını istemek ve bunun eksikliği neticesinde bu tür mükellefleri cezalı tarhiyatlara maruz bırakmak hakkaniyetli bir uygulama olmamaktadır. Bu sebeple sahte belge düzenleme, adreste bulunamama gibi sebeplerle özel esaslara tabi mükelleflerin diğer iyi niyetli mükelleflere paylaşılması önem arz etmektedir.

Bu kapsamda, bir blok zincir kullanıcısı mükellefin, olumsuz durumları sebebiyle özel esaslara tabi tutulmuş bir başka mükellef ile ticari ilişkiye girmeden önce, o mükellefin özel esaslara tabi olduğunu bilmesi kaçakçılık suçları ile mücadelede önem arz etmektedir. Bu husus, vergi idaresi açısından yapılan olumsuz tespitlerin blok zincir ağında iyi niyetli mükelleflerle paylaşılmasına ilişkin bir ara yüz oluşturulması şeklinde olabilecektir. Bu tür teyit mekanizmalarına ilişkin literatürde çeşitli öneriler mevcuttur. Örneğin bir faturada yer alan ürünün geçmişi hakkında bilgilerin QR kodu ile teyit edilebilmesi **(Frankowski, Barański ve Bronowska, 2017, s. 15),** cüzdan adreslerini gösteren ara yüz programlarından o hesapla ilgili bilgileri görmek amacıyla cep telefonlarını kullanarak QR kodu sorgulaması yapılması **(Antonopoulos, 2014, s. 9),** menşe şahadetnamelerinin doğruluğunun QR kodu sorgulaması ile gerçekleştirilmesi **(eTradeforall, 2018, s. 1),** alıcıların bir elektronik faturanın doğru olarak düzenlendiğini QR kodu ile sorguladıktan sonra faturada yer alan KDV'yi indirebilmeleri **(Setyowati, Utami, Saragih ve Hendrawan, 2020a, s. 12)** gibi öneriler örnek gösterilebilmektedir.

Dolayısıyla örneklerden de görüleceği üzere QR kodu teknolojisinin blok zincir katılımcılarının sorgulanabilmesi amacıyla kullanılabilmesi mümkün görünmektedir. Bu kapsamda bir mükellef, hakkında olumsuz tespitler nedeniyle özel esaslara alınmış bir başka mükellefi QR kodu ile sorgulayarak ve o mükellef ile ticari bir ilişkiye girmek istemeyerek kendisini de koruma imkânına kavuşacaktır. Burada ortaya çıkan önemli bir husus ise QR kodu ile yapılacak bir özel esaslar sorgulamasının vergisel mahremiyet açısından sorun olup olmayacağıdır. Ancak uygulamada sıklıkla görüldüğü üzere, vergi idaresi özel esaslara alınmış bir mükelleften mal veya hizmet alan diğer mükellefleri

bilgilendirerek bu alışlara ilişkin faturaları beyannamelerinden çıkarmaları için mükelleflere süre vermektedir. Dolayısıyla idare zaten özel esaslara alınmış bir mükellefi mal ve hizmet sattığı diğer mükelleflere ilan etmektedir.

Örneğin bir mükellef hakkında belli bir dönemde sahte belge düzenleme tespiti yapan ve bu mükellefi özel esaslara alan idare, çok daha sonraları bu mükelleften alış yapan diğer mükellefleri uyararak ilgili belgeleri beyannamelerinden çıkarmalarını talep etmekte ve incelemeye gönderme yaptırımı ile karşı karşıya bırakmaktadır. İyi niyetli mükellefler, sahte belge düzenleyicisi olan ve özel esaslara alınmış bu mükelleflerden temin ettikleri faturaların sahte olduğunu da çoğunlukla işlemin gerçekleşmesinden çok uzun süreler sonra haberdar olmakta ve cezalı tarhiyatlarla muhatap olmaktadır.

Bu kapsamda, bir mükellefin özel esaslarda olup olmadığının eş zamanlı olarak görülmesi diğer mükellefler açısından da bir koruma işlevi görecektir. QR kodu sorgulaması veya ortaya çıkacak başka bir teknolojik yenilik sayesinde bir blok zincir ağına entegre olmuş mükellefin özel esaslara tabi olup olmadığının sorgulanması sahte belge suçlarının azalması sonucunu doğurabilecektir. Bu husus ayrıca vergisel işlemlerde belirliliği de sağlayacak, 359. Madde kapsamında işlenecek suçun kasıt unsurunun tespitini de kolaylaştıracaktır. Zira bir sahte belge düzenleyicisinden alınan faturaya ilişkin söz konusu mükellef hakkında özel esaslar sorgulaması yapıldıktan ve ilgili mükellefin sahte belge düzenleme tespiti nedeniyle özel esaslarda olduğunun öğrenilmesinden sonra o mükelleften söz konusu faturaların kullanılmasına devam edilmesi, kast unsuruna karine teşkil eden bir uygulama olarak karşımıza çıkabilecektir.

4.4. Gelir Vergisi Kanunu Açısından Blok zincir Teknolojisi

Gerçek kişilerin bir takvim yılı içinde elde ettikleri kazanç ve iratların vergilendirilmesini esas alan 193 sayılı Gelir Vergisi Kanunu'nda gelirin unsurları ticari kazançlar, zirai kazançlar, ücretler, serbest meslek kazançları, gayrimenkul sermaye iratları, menkul sermaye iratları ve diğer kazanç ve iratlar olmak üzere yedi unsur olarak sayılmıştır. Kanunun sistematiği, vergiden muaf olanlar ile vergiden istisna edilmiş olan kazançlar dikkate alınmayarak bu yedi gelir unsuruna giren kazançlardan indirim ve beyanname üzerinden diğer indirimler düşüldükten sonra mükelleflerin ortaya çıkan matrahları üzerinden vergilendirme şeklinde cereyan etmektedir.

Blok zincir teknolojisinin Gelir Vergisi yönünden uygulamasında bilgi değişimine yönelik oluşturulacak alt zincirlerin varlığı bir gerekliliktir. Zira özellikle Gelir Vergisi

açısından bakıldığında, çeşitli devlet kurumlarınca gerçek kişilerin bilgilerinden hareketle oluşturulan vergi ile ilişkili verilerinin bir araya getirildiği akıllı platformların meydana getirilmesi önem arz etmektedir. Bu hususa örnek olarak Shenzen Vergi Dairesince blok zincir teknolojisine yönelik oluşturulan pilot projede bu yönde çalışmalar yapılmış ve çeşitli devlet birimleri arasında bilgi değişim alt zincirleri oluşturulmuştur. Gerçek kişi blok zincir bilgi platformu denilen ve 11 kamu kurumunun eğitim, sağlık, tapu ve sosyal güvenlik gibi vergi ile ilişkili bilgilere erişebildiği bu platform sayesinde, gelir vergisi indirimlerine yönelik geçmişte elle yapılan bilgi girişleri, bu verilerin onaylanması ve manuel olarak hükümet kurumları arasındaki değişimi süreci otomatikleşmiş ve vergi uygulamaları ile vergiye uyum masraflarında önemli etkinlik sağlanmıştır **(Xu ve Zhang, 2022b, 136–137).**

4.4.1. Gelir Unsurlarının Tespiti Açısından

193 sayılı Gelir Vergisi Kanunu'nda 7 adet gelir unsuru bulunmakta olup bu unsurların tespiti açısından blok zincir teknolojisinin kullanılmasının önemli avantajları olabilecektir. Bu hususta özellikle bazı gelir unsurlarının hangi kazanç kapsamına gireceğinin belirlenememesi veya yanlış belirlenmesi nedeniyle önerilen cezalı tarhiyatlar açısından yargı aşamasına getirilmiş ihtilaflar bulunmakta ve bu konuda pek çok yargı kararı mevcut durumdadır.

4.4.1.1 Ticari Kazançlar

Ticari kazançlar açısından, mezkûr kanunun 37. maddesinde her türlü ticari ve sınai faaliyetten doğan kazançların ticari kazanç olarak ele alınacağı ifade edilmiştir. Bununla birlikte ilgili maddede sayılı maden, taş ve kireç ocakları, kum ve çakıl istihsal yerleri ve tuğla ve kiremit harmanlarının işletilmesinden, coberlik işlerinden, özel okul ve hastane işletilmesinden, devamlı suretle gayrimenkul alım satım ve inşa işlerinden, kendi nam ve hesaplarına devamlı olarak menkul kıymet alım satım işlerinden, belli müddette parsellenen arazinin bu süre içinde veya sonra satışından, diş protezciliğinden elde edilen kazançlar ile kolektif ortakların veya adi ve eshamlı komandit şirketlerde komandite ortakların kazançları ticari kazanç statüsünde değerlendirilmiştir.

Bu kazançlar arasında özel okul işletilmesi, diş protezciliği, maden ve taş ocaklarının işletilmesi gibi kazançların tespiti ve ticari kazançla ilişkilendirilmesi açık ve

kolay olmakla birlikte, özellikle devamlılık şartının getirildiği gayrimenkul alış satışı gibi kazanç unsurlarının tespiti bazı zorluklar içermektedir. Vergi hukuku doktrininde iş yerinin kurulması, ticari organizasyonun oluşturulması gibi objektif kriterler yanında sübjektif kriterler olan ticari faaliyete başlama niyet ve kararının da bulunması durumunda devamlılık unsurunun tespiti kolaylaşmaktadır. Ancak devamlılık kasıt ve niyeti olmakla beraber işletmenin kurulması, iş yerinin oluşturulması gibi objektif kriterlerin bulunmaması durumunda işlem sayısına göre devamlılık unsurunun tespiti genel kabul edilen görüştür. Bununla birlikte yargı kararları açısından devamlılığın kriteri olarak esas alınan işlemlerin sayısal çokluğu yönündeki kararlar, bu kriterin yanında kazanç elde etme saiki olarak tanımlanan kriterin de eklenmesi yönünde evirilmiştir. Dolayısıyla ticari kazancın tespitinde genel objektif kriterler yerine her olayın kendi özünde değerlendirilerek yapılan işlemin ticari amaç hedeflenerek yapılıp yapılmadığının tespiti önem arz etmektedir **(Karadağ ve Yakar, 2018, 396–399).**

Bu minvalde, devamlılık unsurunun tespitine karine olabilecek birden fazla işlem sayısının tespiti bakımından blok zincir teknolojisinden yararlanabilme potansiyeli bulunmaktadır. Özellikle gayrimenkul alım satım kazançlarının arızi kazanç mı yoksa ticari kazanç mı olarak değerlendirileceği hususunda, bir önceki bölümde değinilen alt zincirler vasıtasıyla bir mükellefin hesap cüzdanında belli bir dönemde birden fazla alım-satım yapıldığının tespiti mümkün olabilecektir. Tapu ve banka kayıtlarının yer aldığı alt zincirler üzerinden de bu işlemlerin teyidi kolaylıkla yapılabilecektir. Bununla birlikte alım satım işleminin kazanç elde etmek amacını taşıması da gerekmekte olup önemli olan hususun bu işlemlerin şahsi ihtiyacın karşılanması ölçüsünü aşması gerekmektedir **(Özbek, 2021, s. 113) .** Blok zincir kullanıcılarının hesap cüzdanlarında birden fazla alım satım işleminin yer almaması, herhangi bir ticari organizasyona delil olabilecek işyeri açılmaması, işçi çalıştırılmaması gibi unsurlar söz konusu ise, bu türden devamlılık ve organizasyon unsuru taşımayan satışlardan elde edilecek kazancın mükerrer 80/6. bendinde belirtilen şartlar dâhilinde değer artış kazancı olarak dikkate alınması gerekecektir.

Ticari kazançlar açısından vergilendirme kriteri mükelleflerin basit usulde mi yoksa gerçek usulde vergilendirmeye mi tabi olacağının tespitini gerektirmektedir. Gelir Vergisi Kanunu'nun 46. Maddesinde değinildiği üzere bir mükellefin ticari kazancı 47. Maddedeki genel şartları (kendi işinde bilfiil çalışmak, iş yeri kira (veya emsal kira) bedelinin belli bir tutarı aşmaması, ticari, zirai ve mesleki faaliyet nedeniyle gerçek usulde gelir vergisine tabi olunmaması) ve 48. Maddedeki özel şartları (alım ve satım işleri ile

uğraşanların bir takvim yılı alım ve satım tutarlarının belirlenmiş meblağları aşmaması, bunlar dışındaki işlerle uğraşanların yıllık gayrisafi iş hasılatının belirlenmiş meblağı aşmaması, her iki işle iştigal edenlerin yıllık satış tutarları ile iş hasılatı toplamının belirlenmiş meblağı aşmaması) sağladığı durumda bu mükellef basit usulde vergilendirilecektir. Blok zincir teknolojisinin bir mükellefin hangi usulde vergilendirileceğinin tespitine yönelik avantajları bulunmaktadır. Örneğin 317 Seri numaralı G.V.K. Genel Tebliği uyarınca 2022 yılı itibarıyla al-satçı bir mükellefin yıllık mal alış tutarı 200.000,00-TL'nı, mal satış tutarı ise 320.000,00-TL'nı aşıyorsa, bu mükellefin ticari kazancı gerçek usulde vergilendirilecektir. Bir takvim yılında blok zincire dâhil olan ticari mükelleflerin hesap cüzdanlarında bu tutarı aşan bakiyelerin sorgulanması olumlu sonuç veriyorsa, sistemin bu mükellefleri gerçek usulde vergilendirmeye yönelik otomatikleşmesi akıllı sözleşmelerdeki basit yazılımsal sorgulamalarla mümkün hale gelebilecektir.

4.4.1.2 Zirai Kazançlar

Gelir Vergisi Kanunu'nda belirtilen bir başka kazanç türü ise zirai kazançlardır. 52. maddede detaylandırılan zirai kazançlarda esas vergilendirme usulü tevkifat yapılmak suretiyle vergilendirmedir. Ancak 53. Maddede belirtildiği üzere belirli işletme büyüklüğünü aşan çiftçilerin kazançları gerçek usulde tespit olunarak vergilendirilecektir. Bu şekilde gerçek usulde vergilendirilecek çiftçiler kazançlarını zirai işletme hesabı veya diledikleri takdirde bilanço esasına göre tespit edeceklerdir **(MHUD, 2021, s. 130).** Gerçek usulde vergilendirmeyi gerektirecek kriterlerden bir olan işletme haddi büyüklükleri 54. Maddede arazide ekilecek ürün çeşidi ve arazi büyüklüğüne göre gruplandırılmış olup, belli ürünlerde belli yüz ölçümünün aşılması halinde çiftçiler gerçek usulde vergilendirilecektir. Bununla birlikte en az bir biçerdöver veya bu mahiyette motorlu araca veya on yaşına kadar ikiden fazla traktöre sahip olan çiftçiler de gerçek usulde vergilendirilecektir.

Çiftçilerin vergilendirilmesi açısından gelir vergisi kanunu 94. Maddede yer alan tevkifat müessesini öncelikli vergilendirme şekli olarak ele almaktadır. Ancak arazi büyüklüğü ve biçerdöver ve traktör ölçüsü gibi belli bir iş hacminin aşılması durumunda bu mükelleflerin zirai kazançlarının gerçek usulde vergilendirilmesini ve beyanname verilmesini şart koşmaktadır. Blok zincir teknolojisi açısından zirai kazançların tespiti ve vergilendirilmesi hususunda bazı avantajlar bulunmaktadır. Öncelikle çiftçilerin çiftçi

kayıt sistemi (ÇKS) üzerinde yer alan arazi büyüklüklerini ele alan veri seti ile birlikte banka bilgilerinden hareketle oluşturulacak yan zincirler vasıtasıyla elde edilecek zirai kazancın gerçek usulde vergilendirilmesinin tespiti blok zincir akıllı sözleşmeleri sayesinde otomatik olarak tespit edilebilecektir. Daha sonrasında ise hesap cüzdanları üzerinde elde edilecek kazanç tutarları üzerinden beyana esas olan matrahın tespiti mümkün olabilecektir.

4.4.1.3 Ücret Gelirleri

Gelir vergisi kanununda yer alan bir diğer kazanç türü olan ücret gelirleri, blok zincirinin gelir vergisine yönelik uygulama örnekleri arasında literatürde en fazla yer alan konudur. Kanunun 16. Maddesinde belirtilen (diplomat statüsünde bulunmayan) yabancı elçilik ve konsolosluk çalışanlarının ve 23. Maddesinde belirtilenlerin ücret istisnalarından yararlananlar ile 95. Maddede belirtilen tevkifata tabi olmayan ücretlerin haricinde bütün ücret ve ücret sayılan ödemeler üzerinden Gelir Vergisi Kanunu'nun 94. Maddesine göre gelir vergisi tevkifatı yapılmaktadır **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2021, s. 215).** Gelir İdaresi Başkanlığı'nın 2021 verileri incelendiğinde, asgari ücretlilerden 32,2 milyar TL ve diğer ücretler ve ücret sayılan ödemeler üzerinden 152,1 milyar TL olmak üzere toplam 184,3 milyar TL tutarında kesintinin gerçekleştirildiği görülmektedir. Söz konusu kesintilerin toplam 2021 yılındaki 285,5 milyar TL tutarındaki Gelir Vergisi tahsilatları içindeki payının %64,5 oranında olduğu görülmektedir **(GİB, 2021, 158–174)**. Dolayısıyla ücretler üzerinden yapılan stopajların toplam gelir vergisi içindeki oranı önemli bir bölümü işgal etmektedir.

Ücret gelirlerinin tespitinde Sosyal Güvenlik Kurumu'nun işverenler açısından kanuni olarak zorunlu tuttuğu bazı uygulamalar önem arz etmektedir. Bunlardan biri işe başlama bildiriminin verilmesidir. 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'nun 4. Maddesinin birinci fıkrasının (a) bendi kapsamında sigortalı sayılanlar için istisna getirilen durumlar hariç genel olarak işe başlamadan en az bir gün önce sigortalı işe giriş bildirgesinin e-sigorta kanalıyla verilmesi gerekmektedir. İlaveten, 12.05.2010 tarih ve 27579 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan Sosyal Sigorta İşlemleri Yönetmeliği'nin 27. Maddesine göre, 5510 sayılı Kanun'un 11. Maddesinde istinaden sosyal sigortalı çalıştıran iş yerlerinin iş yeri bildirimini elektronik ortamda Sosyal Güvenlik Kurumuna yapması bir zorunluluktur. Bu minvalde blok zincir kullanıcılarının ücret gelirlerinin vergilendirilmesi ve stopajların otomatik olarak gerçekleştirilmesi

yönünde SGK üzerinde her bir çalışan nezdinde oluşturulan sigorta sicil verilerinin esas alınacağı bir veri setinin yan zincir olarak sistemde yer alması gerekmektedir.

193 sayılı Gelir Vergisi Kanunu'na göre bir ödemenin ücret olarak sınıflandırılması için, ödemenin karşılığının bir iş yerine bağlı olarak veya bir işverene tabi olarak çalışılmanın karşılığı olması gerekmektedir. Bu türden ödemelerin en önemli özelliği belli aralıklarla ve belli tutarlarla yapılan ödemeleri ihtiva etmesidir. Türkiye'de yaşanan bir gerçek olan kayıt dışı istihdam bu türden ödemeler üzerinden alınması gereken vergi tutarlarını azaltan önemli unsurlardan biridir. Vergi, sigorta ve benzeri kesintiler nedeniyle istihdam üzerindeki maliyetlerin hem işçiyi hem de işvereni kayıt dışı istihdama yöneltmesi, işçi ücretlerinin kayıt dışında tutulması veya asgari ücreti aşan ücret ödemelerinin asgari ücret kadarlık kısmının kayıt altına alınarak kalanın elden verilmesi gibi uygulamalar ücret gelirlerinin vergilendirilmesinde veyahut ücretin gerçek gayri safi değerinin tespitinde aksaklıklara neden olmaktadır **(Sarılı, 2002, 40–41).**

SGK faaliyet raporunda 2021 yılına ilişkin kayıt dışı istihdama yönelik yapılan denetimlerde ilgili yılda Türkiye'de kayıt dışı olarak çalıştığı tespit edilen çalışan sayısının 36.082 kişi olduğu belirtilmiştir **(Sosyal Güvenlik Kurumu, 2022, s. 66).** Sadece ilgili yılda kayıt dışı çalışanlar nedeniyle ortaya çıkabilecek ortalama gelir vergisi kaybı aşağıda yer alan tablodaki gibi hesaplanmaktadır

Tablo 5.

Kayıt Dışı İstihdamın Yol Açtığı Ortalama Gelir Vergisi Kaybı

Sigorta Kapsamı		**Çalışan Sayısı**
4/a (Özel)	(I)	16.169.679
4/c(Kamu)	(II)	3.187.862
Toplam Zorunlu Sigortalı Sayısı	**(III)=(I)+(II)**	**19.357.541**
**SGK 2021 Faaliyet Raporu'ndan Tarafımızca Hazırlanmıştır.*		
Muhtasar Beyannamelerin 2021 Dönemi Gelir Türlerine Göre Dağılımı		Tutar (TL)
Asgari Ücretli	(IV)	32.216.429.037,00
Diğer Ücretler ve Ücret Sayılan Ödemeler	(V)	152.070.576.159,00
Huzur Tazminatı	(VI)	4.607.645.259,00
Toplam Tutar	**(VII)=(IV)+(V)+(VI)**	**188.894.650.455,00**
**GİB 2021 Faaliyet Raporu'ndan Tarafımızca Hazırlanmıştır.*		
Ortalama Gelir Vergisi Kesinti Tutarı (TL)	**(VIII)=(VII)/(III)**	**9.758,19**
2021 yılında Tespit Edilen Kayıt Dışı İstihdam Sayısı	**(IX)**	**36.082**
Ortalama Gelir Vergisi Kaybı (TL)	**(X)=(VII)*(IX)**	**352.095.174,57**

Kaynak: 2021 SGK Faaliyet Raporu ve 2021 GİB Faaliyet Raporlarından Hareketle Tarafımızca Oluşturulmuştur.

Tablodan görüleceği üzere kendi nam ve hesabına çalışan 4/b kapsamındaki sigortalılar hariç tutulduğunda, ücretin tanımına giren ve bir işverene veya belli bir iş yerine bağlı çalışan 4/a ve 4/c kapsamındaki sigortalıların toplamı 19.357.541 kişidir. Muhtasar beyannamelerde ücret ve ücret sayılan ödemeler üzerinden yapılan kesinti tutarları toplamının 2021 yılında 188,9 milyar TL tutarında olduğu dikkate alındığında, ortalama olarak çalışanlardan yapılan gelir vergisi kesintisinin kişi başı 9.758,19-TL tutarında olduğu görülmektedir. Sadece 2021 yılı SGK denetimlerinde tespit edilebilen 36.082 kayıt dışı çalışan sayısı dikkate alındığında hazinenin gelir vergisi kesintisi yönünden yaşadığı kayıp ilgili yılda ortalama 352 milyon TL'na ulaşmaktadır.

Dolayısıyla kayıt dışı istihdamın ücret gelirleri üzerindeki vergi kayıpları hususunda önemli etkisi bulunmaktadır. 2021 TÜİK verilerinde tarım dışı sektörde kayıt dışı istihdam oranının %18,1 olduğu dikkate alındığında bu vergisel kayıp tutarlarının 2021 yılında SGK tespitine konu olan kayıt dışı çalışanlardan kaynaklı vergi kayıplarının çok daha üzerinde gerçekleşeceği görülebilmektedir. Bu minvalde kayıt dışı ücret gelirlerinin vergilendirilebilmesi yönünden blok zincir teknolojisi önemli fırsatlar sunmaktadır. Özellikle banka verileri üzerinden ücret niteliğindeki aylık periyotlarla tekrarlanan, belirli bir ortalama üzerinde seyreden sürekli ödemelerin hesap cüzdanlarında izlenebilmesi ve bu hesap cüzdanlarının sahiplerinin SGK sicil verilerinde aktif bir sigorta türünde (4/a veya 4/c) sicil kaydının bulunmaması durumu kayıt dışı bırakılan ücret verilerine yönelik önemli bir done olabilecektir. Bununla birlikte SGK sicilinde herhangi bir sigortalılık kaydı olmamasına rağmen banka verilerinde yer alan ve belli tutarların üzerinde ortalama bir kredi kartı ekstresini sürekli bir şekilde ödeyen müşterilerin tespitinin bulunması da bu müşterilerin kayıt dışı ücret kazancı elde ettiğine yönelik bir önemli veri olabilecektir.

4.4.1.4 Serbest Meslek Kazançları

Gelir Vergisi Kanunu'nda yer alan bir başka gelir unsuru ise serbest meslek kazançlarıdır. Kanunun 65. Maddesinde sermayeden ziyade şahsi mesaiye, ilmi veya mesleki bilgiye veya ihtisasa dayanan, ticari mahiyette olmayan ve bir iş yeri ve işverene tabi olmadan şahsi sorumluluk altında yapılan her türlü serbest meslek faaliyetinin serbest meslek kazancı olduğu ifade edilmiştir. Serbest meslek kazançlarında vergilendirme Gelir Vergisi'nin 94. Maddesine istinaden (noter kazançları hariç) tevkifat suretiyle gerçekleştirilmektedir. Kanunun 18. Maddesinde belirtilen istisna kazançlar (müellif

mütercim, heykeltıraş, hattat, ressam, bestekâr, bilgisayar programcısı ve mucitler ile bunların kanuni mirasçılarının bu işler nedeniyle elde ettiği kazançlar) açısından ise bu kazançların 103. Maddedeki tarifenin dördüncü gelir diliminde yer alan tutarı (2022 yılı için 880.000-TL) aşmaması halinde yapılan tevkifat nihai vergilendirme olacak ve ayrıca beyanname verilmeyecektir. Bu istisna haddini aşan kazançları bulunanlar ile diğer serbest meslek faaliyetleri ile ilgili kazançları bulunan tüm serbest meslek erbapları ise Gelir Vergisi Kanunu'nun 85. Maddesine göre yıllık gelir vergisi beyannamesi vermekle mükelleftir. Yıllık beyannamede hesaplanan vergiden, yıl içinde tevkifat suretiyle ödenen verginin mahsubu sonrası kalan tutarlar ilgili meslek erbabının vergi borcu olarak tekemmül etmektedir **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2021, 321–325).**

213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 210. Maddesine göre serbest meslek erbapları, defterin bir tarafına giderlerini, diğer tarafına da gelirlerini yazacak şekilde bir kazanç defteri tutmakla mükelleftir. Noterler açısından ise (211. Md) bunların tuttukları resmi defterler kazanç defteri yerine geçmektedir. Blok zinciri teknolojisi açısından ele alındığında, serbest meslek erbaplarının tahsil ettikleri hasılatların ve yapmış oldukları harcamaların hesap cüzdanlarında toplulaştırılması ve bir yılda elde edilen kazançların tespiti yevmiye defteri tutan tüccarlara göre daha basit yazılımlarla gerçekleştirilebilir. Zira serbest meslek kazanç defterlerinde herhangi bir hesap grubu altında toplulaştırma gerekmeksizin sadece gelir ve giderlerin toplulaştırılması neticesinde kar durumunun belirlenmesi (beyanname üzerindeki indirimler göz ardı edildiğinde) matrahın şekillenmesine yetebilecektir.

Serbest meslek kazanlarının tespiti açısından önemli sorunlardan biri asgari ücret tutarlarının altında belirlenen kazançlardır. Asgari ücret tutarlarının belirlendiği serbest meslek faaliyetlerinde elde edilen hasılat düşük bedelle tahsil edilmişse Gelir Vergisi Kanunu'nun 67. Maddesine istinaden tahsil edilen bu tutar kazanca esas olmakla birlikte KDV Kanunu'nun 27. Maddesine istinaden emsal bedel bu asgari ücret tarifeleri esas alınarak belirlenecektir. Ancak konu ile ilgili verilen özelgelerde de gelir vergisi uygulaması bakımından esas alınacak bedelin bu hizmetlerin karşılığını teşkil eden gerçek bedel olacağı ve alınan bedellerin iktisadi, ticari ve teknik icaplara uymayan veya olayın özelliğine göre normal ve mutat olmayan bir bedel olmaması gerektiği belirtilmiştir **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2021, s. 286).** Dolayısıyla bir serbest meslek erbabı açısından asgari tarifenin altında tahsil edilen tutarların iktisadi ve teknik icaplara uymaması ve normal kabul edilebilecek tutarların çok altında kalması durumunda KDV kanunu yönünden

emsal bedel uygulaması yapılabilecekken, VUK 3. Maddesine istinaden ispat külfeti neticesinde Gelir Vergisi Kanunu'na göre de cezalı tarhiyatlar yapılabilecektir.

Günümüzde serbest meslek faaliyeti ile iştigal edenler açısından TÜRMOB, TMMOB (mühendisler odası), Türkiye Barolar Birliği, Türk Tabipler Birliği, Türkiye Diş Hekimleri Birliği, Adalet Bakanlığı Hukuk İşleri Genel Müdürlüğü (noter tarifeleri) gibi kurumlarca ilgili mesleklere ilişkin asgari ücret tarifeleri yayımlanmaktadır. Gelir Vergisi matrahına etki eden bu asgari ücret tarifeleri açısından bu tarifeler önem arz etmektedir. Blok zinciri teknolojisinde, akıllı sözleşmelere entegre edilebilecek asgari ücret tarifeleri sayesinde kazançları bu ücretlerin altında belirlenen mükelleflerin tespiti kolaylaşabilecektir.

4.4.1.5 Gayrimenkul Sermaye İratları

Gelir Vergisi Kanunu'nda yer alan bir başka kazanç türü ise gayrimenkul sermaye iratlarıdır. 70. Maddede belirtildiği üzere arazi ve binalar başta olmak üzere maden ve memba suları, madenler, taş ocakları, tuğla ve kiremit harmanları, kum ve çakıl istihsal yerleri, bunların mütemmim cüzleri, gayrimenkul olarak tescil edilen irtifak, intifa, oturma ve kaynak hakları, diğer hak ve ruhsatlar (arama, işletme ve imtiyaz hak ve ruhsatları, ihtira beratları, alametifarika, marka ve ticaret unvanları, ticari formül kullanma hakkı ve imtiyazları, teknik resim, desen, model, planlar ve sinema ve televizyon filmleri ile ses ve görüntü bantları) gibi unsurların kiraya verilmesinden kaynaklanan kazançlar gayrimenkul sermaye iradı olarak tanımlanmıştır. Bunların yanında telif haklarının, gemi ve gemi paylarının, motorlu tahmil ve tahliye vasıtalarının, motorlu nakil ve cer vasıtalarının ve her türlü motorlu araç, makine ve tesisatın kiralanmasından kaynaklanan kazançlar da gayrimenkul sermaye iradı sayılmaktadır.

Gayrimenkul sermaye iratlarında vergilendirme esas itibarıyla beyan üzerinedir. Mesken kira geliri elde eden mükellefler, kanunun 21. Maddesindeki istisna tutarını (2022 yılı için 9.500-TL) aşması halinde aşan tutarın beyan edilmesi gerekmektedir. İş yeri kiralarında ve diğer mal ve hakların kiralarında ise, kiralanan karşı tarafın durumuna göre (94. Maddede sayılanlara yapılan kiralama ise) %20 tevkifat müessesesi (Md. 94/1-5. Bent) devreye girmektedir. Bu durumda kira gelirinin safi tutarı ile varsa diğer vergiye tabi gelirler toplamı 2022 yılı için 70.000-TL'yi aşmıyorsa kira geliri beyan edilmeyecek, aşıyor ise kira gelirinin tamamı beyan edilecektir. Eğer tevkifat müessesi uygulanmayan

bir iş yeri kira geliri varsa, 2022 yılı için bu gelirin 3.800,00-TL'nı aşması durumunda beyan verilecektir (**Vergi Müfettişleri Derneği, 2021, s. 385)**.

213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 208. Maddesinde belirtildiği üzere sadece defter tutmaya mecbur olan gerçek kişiler gelir vergisine tabi gayrimenkul sermaye iratlarını ve bununla ilgili giderlerini defteri kebir veya işletme hesabının veya serbest meslek kazanç defterinin ayrı bir sayfasına veya ayrı bir deftere veyahut bir başka cetvele kaydetmeye mecburlardır. Eğer bu kazanç sahipleri defter tutmaya mecbur değillerse Vergi Usul Kanunu'nun 254. Maddesi uyarınca elde ettikleri kazanç ile ilgili tüm belgeleri beş yıl boyunca muhafaza zorunlulukları bulunmaktadır **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2021, s. 391).** Bu türden mükellefler Hazır Beyan Sistemi üzerinden (istisna haddini aşan tutarlara yönelik) beyannamelerini doldurarak vergisel yükümlülüklerini yerine getirmektedir. Blok zincir teknolojisi açısından gerçek usulde vergiye tabi olan ticari, zirai ve mesleki kazanç erbapları açısından işletmelerine kayıtlı gayrimenkuller nedeniyle elde ettikleri gelirlerin tespiti ortaya bir fatura veya fatura mahiyetinde bir belge çıkacağından dolayı daha kolay tespit edilebilmektedir. Ancak gayrimenkul sermaye iradı dışında herhangi bir gelir unsuru bulunmayan ve defter tutma mecburiyeti olmayan mükellefler için bu gelirin tespiti açısından blok zincir teknolojisinin bazı avantajlarından bahsedilebilir.

Gayrimenkul sermaye iratları açısından ele alınması gereken en önemli veri tapu sicilleridir. Defter tutma mecburiyeti bulunmayan mükelleflerin tapu sicilinde yer alan birden fazla gayrimenkul kayıtları, gayrimenkul sermaye iradı elde edilmesi potansiyeline yönelik bir karine oluşturmaktadır. Bu türden mükelleflerin blok zincir ağı üzerinde yer alan banka kayıtlarında "kira ödemeleri" veyahut böyle bir ibare olmasa bile süreklilik arz edecek şekilde aylık para transferlerinin bulunması durumunda vergisel açıdan kazancın tespiti mümkün olabilecektir. Bununla birlikte, blok zincir hesaplarında mükelleflerin tespit edilen gayrisafi iratları ve yine mükellef hesap cüzdanlarında ilgili gayrimenkul için gerçekleştirdikleri harcamalara ilişkin tutarlar üzerinden akıllı sözleşmeler yolu ile gerçek gider usulünde safi tutarın hesaplanması veyahut götürü gider usulünde hesaplanması mümkün bulunmakta ve hazır beyan sistemi türünde otomatik beyan sistemi ortaya çıkabilmektedir.

4.4.1.6 Menkul Sermaye İratları

Gelir Vergisi Kanunu'nda yer alan bir başka kazanç türü ise sahibinin ticari, zirai veya mesleki faaliyeti dışında nakdi sermaye veya para ile temsil edilen değerlerden

müteşekkil sermaye dolayısıyla elde ettiği kar payı, faiz, kira ve benzeri iratlar olarak tanımlanan menkul sermaye iratlarıdır (md.75). Kanun maddesinde, her nevi hisse senedi kar payları, iştirak hisselerinden doğan kazançlar, kurumların idare meclisi başkan ve üyelerine verilen kar payları, dar mükellef kurumların kurum kazançlarından dağıtılan karlar, her nevi tahvil ve hazine bonosu faizleri, her nevi alacak faizleri, mevduat faizleri, repo gelirleri, bireysel emeklilik sistemi gelirleri gibi 16 bentte sayılan kazançların menkul sermaye iradı sayılacağı belirtilmiştir.

Menkul sermaye iradı kapsamında sayılan gelir unsurlarının vergilendirilmesi açısından 01.01.2006 tarihinden itibaren Gelir Vergisi Kanunu'nun geçici 67. Maddesi geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu madde, organize borsalarda işlem gören kıymetler üzerinden banka ve aracı kurumlar vasıtasıyla yerine getirilen işlemler nedeniyle elde edilen gelirlerin vergilendirilmesine yönelik düzenlemeler getirmiştir. 01.01.2006 tarihinden sonra ihraç edilen her nevi tahvil ve hazine bonoları, TOKİ tarafından çıkarılan menkul kıymetler ve bu tarihten sonra iktisap edilmiş diğer menkul kıymet ve sermaye araçları, mevduat faizleri, katılım bankalarınca katılım hesaplarına ödenen kar payları ve repo kazançları işlemi gerçekleştiren banka veya aracı kurumlar tarafından %15 oranında tevkifat yapılmaktadır **(MHUD, 2021, 356–358).**

Geçici 67. Madde kapsamında banka ve aracı kurumlar tarafından takvim yılının üçer aylık dönemleri itibarıyla tevkif edilen vergiler, bu sorumlular tarafından vergilendirme dönemini izleyen ayın yirmi üçüncü günü akşamına kadar beyan edilip yirmi altıncı akşamına kadar da ödenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla kanun, ilgili sorumlulara söz konusu verginin hazineye intikali açısından sorumluluk ve aracılık görevi vermektedir. Blok zincir teknolojisinin bu alanda muhtemel olumlu etkilerinden biri de banka ve aracı kurumların verginin ödenmesi açısından yüklendikleri aracılık görevinin ortadan kaldırılması yönünde olacaktır. Zira mükelleflerin ilgili bankada yer alan menkul kıymet veya yatırım hesaplarının merkeziyetsiz bir defter yapısında üçer aylık dönemler itibarıyla toplulaştırılması, her bir mükellef nezdinde müşteri hesapları, T.C. kimlik numaraları veya vergi kimlik numaraları ile ilişkilendirilebilecek hesap cüzdanları üzerinde izlenebilecek menkul kıymet ve diğer sermaye piyasası hareketleri nedeniyle elde edilen gelirin tespiti mümkün olabilecektir. Akıllı sözleşmeler sayesinde, geçici 67. Maddenin belirlediği genel tevkifat oranı (%15) ve bazı özel işlemlere özgü (Devlet Tahvili, Hazine Bonosu Faizleri gibi) %0 tevkifat oranı, (özel sektörün yurt içi tahvilleri gibi) %10 tevkifat oranı esas alınarak matrah üzerinden yapılacak kesintiler tespit

edilebilecek ve yine akıllı sözleşmeler sayesinde banka ve aracı kurumlar aradan çıkarılarak söz konusu tutarlar doğrudan Hazine'ye intikal ettirilebilecektir.

4.4.1.7 Diğer Kazanç ve İratlar

Gelirin konusuna giren bir başka kazanç türü de değer artış kazançları (Madde 80) ve arızi kazançlardan (md.82) oluşan diğer kazanç ve irat kalemidir. Gelir Vergisi Kanunu'nun mükerrer 80. Maddesine göre menkul kıymetlerin ve diğer sermaye piyasası araçlarının (ivazsız iktisap edilenler ile tam mükellef kurumlara ait ve iki yıldan fazla elde tutulan hisse senetleri hariç) elden çıkarılmasından, 70/1. Madde 5. Bendinde yer alan hak ve ruhsatların (ihtira beratları hariç) elden çıkarılmasından, telif hakları ve ihtira beratlarının müellif, mucit ve kanuni mirasçıları haricindeki kimselerce elden çıkarılmasından, ortaklık hakları ve hisselerinin, faaliyeti durdurulan işletmenin elden çıkarılmasından, arazi, bina, madenler, taş ve kireç ocakları, voli mahalleri, dalyanlar, tapuya tescil edilen gayrimenkul hakları, gemi ve gemi payları gibi belli gayrimenkullerin (ivazsız iktisaplar hariç) iktisap tarihinden itibaren 5 yıl içinde elden çıkarılmasından doğan kazançlar değer artış kazancı olarak nitelendirilecektir.

Diğer kazanç ve irat kalemleri genel olarak yıllık beyanname ile beyanı gereken kazanç türleridir. Ancak bu kazançların istisna haddini aşmaması durumunda 86. Maddenin 1/a bendi gereğince beyannameye dâhil edilmeyeceği açıklanmıştır. Bu minvalde, mükerrer 80. Maddede belirtilen değer artış kazançları açısından 2022 yılı içerisinde elde edilen değer artışı kazançları toplamının menkul kıymet ve diğer sermaye piyasası araçlarının elden çıkarılması hariç 25.000-TL'nın altında kalması durumunda beyanname verilmeyecektir. Ancak 01.01.2006 tarihinden önce iktisap edilen ve/veya ihraç edilen menkul kıymetlerin elden çıkarılmasında alış bedellerine uygulanacak endeksleme işlemi sonrası elde edilen kazançlara ilişkin 58.000-TL tutarında istisna haddi bulunmakta olup bu tutarın altında kalması durumunda beyanname verilmeyecektir. 01.01.2006 sonrası ihraç edilen menkul kıymetlerin elden çıkarılması durumunda ise, bu tür menkul kıymetlerin birçoğunun geçici 67. Madde kapsamında olması nedeniyle yapılan tevkifat nihai vergilendirme olup beyanname verilmesine gerek bulunmamaktadır. Ancak Euro Bond, yurt dışına ihraç edilen özel sektör tahvilleri, banka ve aracı kurumlar olmaksızın elden çıkarılan, SPK kaydına alınmamış ve Borsa İstanbul'da işlem görmeyen hisse senetleri, dar mükellef kurumlara ait ve Borsa İstanbul'da işlem görmeyen hisse senetleri gibi sınırlı sayıdaki menkul kıymetlerin elden çıkarılması durumunda elde

edilecek kazançların Gelir Vergisi Kanunu 85. Maddesi gereğinde beyan edilmesi gerekmektedir **(MHUD, 2021, 760–765).**

Blok zincir teknolojisinin bu alanda getirebileceği potansiyel avantajlardan biri, geçici 67. Madde kapsamında tevkif edilen ve bankalar tarafından beyan edilerek ödenmesi gereken vergiler açısından bankalara getirilen aracılık görevinin vergi sorumluluğunun ortadan kaldırılarak otomatik hale getirilmesi olacaktır. Menkul kıymet kazançlarında olduğu gibi elden çıkarma nedeniyle ortaya çıkan değer artış kazançlarında da her bir mükellef nezdinde müşteri hesapları, T.C. kimlik numaraları veya vergi kimlik numaraları ile ilişkilendirilebilecek alım satım işlem kazançları mümkün olabilecektir. Akıllı sözleşmeler sayesinde bu kazançlara geçici 67. Madde kapsamında uygulanması gereken tevkifat tutarları tespit edilebilecek ve doğrudan Hazine'ye intikal edilebilecektir. İlaveten yine akıllı sözleşmeler sayesinde 2006 öncesi iktisap edilen menkul kıymetlerin elden çıkarılmasında yapılması gereken endeksleme işlemleri ve bu işlem sonucunda ortaya çıkan kazanç tutarlarının istisna haddini aşıp aşmadığı, aştığı durumlarda ise aşan kısım için beyanname verilmesi işlemleri ve ayrıca kanun ve tebliğlerde açıklandığı üzere aynı tür menkul kıymetlerin birden fazla alım satımı durumundaki toplulaştırma (ilk giren ilk çıkar) ve kazanç tutarlarının belirlenmesi gibi işlemler otomatik hale getirilebilecektir.

Gayrimenkullerin alış satışından doğan kazançlar açısından ise iki unsur söz konusudur. Öncelikle bu gayrimenkuller bir iktisadi işletmeye dâhil ise ticari kazanç hükümleri kapsamında değerlendirilecek, değil ise elde edilen kazanç değer artış kazancı hükümlerine göre tespit edilecektir **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2021, s. 469).** Değer artış kazancı kapsamında değerlendirilecek gayrimenkullerin alım satım işlemlerinde iktisap tarihi önem arz etmektedir. İktisap tarihinden başlayarak beş yıl içinde elden çıkarılması neticesinde bir kazanç elde ediliyorsa, alış bedeline endeksleme yapılmak suretiyle bulunan bedel ile satış bedeli arasındaki müspet farka istisna tutarı uygulanacak (2022 yılı için 25.000-TL) ve kanunun 85. Maddesine göre bu kazançlar beyan edilecektir. Blok zincir teknolojisinin bu alandaki potansiyel getirilerinden biri ise sistemi kullanan mükelleflerin vergisel durumları (ticari, zirai veya mesleki faaliyet kodları) ve tapu sicil kayıtları esas alınarak bu mükelleflere ait potansiyel kazançlar tespit edilebilecektir. Örneğin zincire kayıtlı bir mükellefin (gerçek usulde vergiye tabi çiftçi veya basit usul ticaret erbabı dâhil) verginin konusuna giren bir gayrimenkulü satması durumunda tapu kayıtlarından ilgili gayrimenkulün iktisap tarihi ve iktisap bedeli ile satış tarihi belirlenerek akıllı sözleşmeler sayesinde yazılımsal olarak endeksleme işlemlerinin ve nihai verginin hesaplanabilmesi mümkün olabilecektir. İlaveten tapu kayıtlarında söz konusu

gayrimenkullerin bir iktisadi işletmeye dâhil olduğu tespit edildiğinde yazılımsal olarak herhangi bir değer artış kazancı hesaplanmaması sağlanabilecektir.

4.4.2. Gelir Vergisinden İndirilecek Tutarlar Açısından

193 sayılı Gelir Vergisi Kanunu, matrahın tespitinde, mükelleflerin verecekleri beyannameler üzerinden belli bazı harcama kalemlerini indirim hakkı tanımaktadır. Kanunun 89. Maddesi uyarınca farklı gelir unsurlarından elde edilerek toplanan gelirler, şartları taşımaları halinde indirime konu olabilecektir. Ancak bunun için verilen beyannamelerde vergiye tabi bir gelirin olması (pozitif kar) ve maddede belirtilen her bir indirim çeşidi için belirlenmiş olan şartların sağlanması gerekmektedir. Beyannamede zarar bulunması durumunda (5746 sayılı kanuna göre indirilen Ar-ge indirimi hariç) indirim söz konusu olamayacaktır **(MHUD, 2021, s. 465).**

Beyanname üzerinden yapılabilecek indirimler konusunda blok zincir teknolojisinin önemli avantajları olabilecektir. Shenzen Vergi İdaresinin tasarladığı bilgi değişim alt zincirleri gibi geliştirilebilecek alt zincirler veya yan zincirler ile gelir vergisi indirimlerine ilişkin çeşitli hükümet kuruluşlarınca elde edilecek mükellef bilgilerinin yönetilmesi ve onaylanması mümkün olabilecektir. Bu vergi indirimi kalemleri sağlık sigortası, bağış ve yardımlar, çocukların eğitim harcamaları, sağlık harcamaları gibi çeşitli kalemlerden oluşabilmektedir. Shenzen Vergi Dairesi'nce geliştirilen blok zincir gerçek kişi bilgi platformu uygulama örneğinde olduğu gibi bu tür platformların çeşitli hükümet kuruluşlarınca tutulan verileri bir araya getirerek eğitim, sağlık harcamaları, sosyal güvenlik gibi gerçek kişilerin vergi ile ilişkili bilgilerini basit internet sorgulamaları ile kontrol etmesi mümkün olabilecektir **(Xu ve Zhang, 2022a, s. 136).**

Gelir Vergisi Kanunu'nun 89. Maddesinin 1. Fıkrasının bir numaralı bendine göre mükellefin şahsına, eşine ve küçük çocuklarına ait hayat sigortalarına ödenen primlerin %50'si ile ölüm, kaza, hastalık, engellilik, analık, doğum ve tahsil gibi şahıs sigorta primleri beyan edilen gelirin %15'ini ve asgari ücretin yıllık tutarını aşmamak şartı ile indirilebilecektir. Söz konusu sigorta primlerinin indirimi konusunda blok zincir teknolojisi önemli fırsatlar sunmaktadır. Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi veri tabanından elde edilebilecek bilgiler neticesinde hayat sigortası veya şahsi sigorta kapsamında bulunan gerçek kişilerin tespiti mümkün olabilecektir. İlgili yönetmeliğin 5. Maddesinde hayat ve sağlık sigortaları gibi branşlarda faaliyet ruhsatı bulunan sigorta şirketlerinin Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi'ne üye olmaları zorunlu olup, alt bilgi merkezleri

kapsamında kurulan Hayat Sigortaları Bilgi ve Gözetim Merkezi (md.12) ve Sağlık Sigortaları Bilgi ve Gözetim Merkezinin (md.14) görevleri arasında üye sigorta şirketlerinin sigorta sözleşmelerine ilişkin kayıtların en çok bir gün gecikmeyle tutulduğu bir veri tabanının oluşturulması hususu bulunmaktadır. Dolayısıyla yıllık beyanname veren bir vergi mükellefinin söz konusu sigorta kapsamında olup olmadığı hususunun ve anlaşma kapsamında ödenen prim tutarlarının kontrolü bu şekilde oluşturulan ve blok zincire ek bir alt zincir veya yan zincir şeklindeki bir veri tabanından kontrol edilebilecektir **(Hazine Müsteşarlığı, 2013).**

Gelir Vergisi Kanunu'nun 89. Maddesinin 1. Fıkrasının iki numaralı bendine göre beyan edilen gelirin %10'unu aşmaması, Türkiye'de yapılması ve gelir veya kurumlar vergisi mükellefiyeti bulunan gerçek ve tüzel kişilerden alınacak belgelerle tevsik edilmesi şartıyla mükellefin kendisi, eşi ve küçük çocuklarına ilişkin olarak yapılan eğitim ve sağlık harcamaları beyanname üzerinden indirim konusu yapılabilecektir. Blok zincir teknolojisinin bu alandaki potansiyel avantajlarından biri de, söz konusu harcamalara ilişkin hizmeti sunanların gelir ve kurumlar vergisi mükellefi olması ve bu hizmetlere ilişkin faturaların tevsik edici belge olarak sorumlu tutulmasıdır. Böylelikle örneğin kurumlar vergisi mükellefi bir eğitim kurumunun veya özel hastanenin blok zincir üzerinde yer alan fatura bilgilerinden, indirime konu edilen eğitim giderlerinin muhatabı kolaylıkla tespit edilebilecek ve indirim hakkı bulunup bulunmadığı görülebilecektir. 255 seri No.lu Gelir Vergisi Genel Tebliğinde yer alan açıklama uyarınca eğitim harcamaları eğitim ve öğretim kurumları, anaokulu, kreş ve dershanelerde eğitim amacıyla yapılan ödemeler ile eğitim amaçlı kurs ücretleri, okul servis ücretleri, kitap ve kırtasiye alımları için yapılan harcamalar ile öğrencilerin özel yurt ve pansiyon ücretlerini kapsamaktadır. Sağlık harcamaları ise teşhis veya tedavi sürecinde yapılan sağlık harcamaları (muayene, tahlil, ameliyat, fizik tedavi ve hastane giderleri ile ilaç, sağlık malzemesi, gözlük ve lens giderleri gibi giderleri kapsamaktadır **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2022a, s. 600).** Dolayısıyla bu harcamalardan faturalandırılabilen kısımlar beyanname üzerinde indirime konu edilebilecektir. Söz konusu harcamaların doğruluğunun tespiti ise oluşturulabilecek yan zincirler sayesinde ele alınabilecektir. Örneğin özel okullar veya özel eğitim kursları (dershaneler, kurslar gibi) açısından Milli Eğitim Bakanlığı Özel Öğretim Kurumları Yönetmeliği'nin 51/11. Maddesi gereği öğrenci ve kursiyer kayıtlarının MEBBİS üzerinden elektronik olarak yapılması zorunludur. Ayrıca yönetmeliğin 55. Maddesi gereğince bu okullarda ve kurslarda öğrenci ve kursiyerlerden alınan ücretler MEBBİS elektronik modülüne işlenmektedir. Dolayısıyla MEBBİS veri tabanı özel öğretim okulları

veya kurslarında kayıt altına alınan tüm öğrencilere ilişkin önemli bir veri tabanı olarak blok zincire eklenebilecektir.

Gelir Vergisi Kanunu'nun 89. Maddesinin 1. Fıkrasının üç numaralı bendine göre serbest meslek faaliyetinde bulunan engellilerin beyan edilen gelirlerine, 31. Maddede yer alan esaslara göre hesaplanan yıllık indirim (engellilik indirimi) beyanname üzerinden indirilebilecektir. Bu indirimden bakmakla yükümlü olduğu engelli kişi bulunan serbest meslek erbabı ile hizmet erbabı da yararlanabilecektir. 222 seri No.lu Gelir Vergisi Genel Tebliğinde, engellilik indirimi uygulamasında bakmakla yükümlü olunan kişi tabirinden engelli kişinin tabi olduğu çalışma mevzuatı veya bağlı bulunduğu sosyal güvenlik kurumu mevzuatına göre bakmakla yükümlü sayılan anne, baba, eş ve çocukların anlaşılması gerekmektedir **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2022a, s. 601).** Dolayısıyla beyanname üzerinden indirime konu edilebilecek engellilik indiriminden, serbest meslek faaliyetinde bulunan engelliler, basit usulde vergilendirilen engelliler, bakmakla yükümlü olduğu engelli bulunan serbest meslek erbabı ile bakmakla yükümlü olduğu engelli bulunan hizmet erbabı yararlanabilecektir **(MHUD, 2021, s. 469).**

Engellilik indiriminden yararlanma açısından blok zincir teknolojisinin sunduğu bazı olanaklar bulunmaktadır. Öncelikli mevzuat açısından sadece Gelir Vergisi Kanunu ile sınırlı olmayan engellilik kavramı, Sosyal Güvenlik Kurumu mevzuatı, Sağlık Bakanlığı mevzuatı ve Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı mevzuatları ile de ilişkilidir. Engelli çalıştıran işverenlerin sigorta prim teşvik uygulaması kapsamında SGK'ya bildirdiği engelli bildirimleri üzerinden oluşan veri tabanları, Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nce tutulan ve aylık bazda yayımlanan engelli istatistiklerine kaynak veri tabanları blok zincir teknolojisinde önem arz edebilecek kaynaklardır. Dolayısıyla örneğin engelli bir serbest meslek erbabının yıllık gelir vergisi beyannamesi üzerinde bir engellilik indirimi bildirimi mevcutsa, bu mükellefin engellilik durumuna ilişkin diğer veri tabanlarından sorgulamalar ve teyitler yapılabilecektir.

Gelir Vergisi Kanunu'nun 89. Maddesinin 1. fıkrasının dört, beş, altı, yedi, on ve on birinci bentlerinde beyanname verme zorunluluğu bulunan mükelleflerin beyanname üzerinde indirim konusu yapabileceği bağış ve yardımlara değinilmektedir. Bu bağış ve yardımların bentlerde yer alan açıklamalar gereğince genel ve özel bütçeli kamu idareleri, il özel idareleri, belediyeler, köyler, kamu yararına çalışan dernekler, vergi muafiyeti tanınan vakıflar, gıda bankacılığı faaliyetinde bulunan dernekler, Kızılay ve Yeşilay gibi kanunla sınırlanmış kurum, kuruluş, dernek, vakıf idarelere yapılması gerekmektedir.

Yapılacak bağış ve yardımlar açısından bazı bentlerde makbuz karşılığı şartı yer almakta iken bazılarında bu şart yer almamaktadır. Bu bağış ve yardımlar bazı bentlerde ayni veya nakdi olarak kabul edilirken, bazılarında (11. Bentte Kızılay ve Yeşilay'a yapılacak bağışlar) sadece nakdi bağışlar esas alınmaktadır. 6. Bentte sayılan Gıda Bankacılığı faaliyetinde bulunan dernekler açısından ise sadece gıda, temizlik, yiyecek ve yakacak maddeleri gibi ayni bağışların maliyet bedeli indirime esas alınmıştır. Bazı bağış ve yardımlarda indirime esas olacak tutarlar beyan edilen gelirin belli bir oranı ile sınırlanmışken bazılarında ise bu türden bir sınırlama yer almamaktadır. Dolayısıyla, 89. Madde kapsamındaki bağış ve yardımlar açısından her bentte yer alan şartların kendi içinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yapılacak bağış ve yardımların indirime konu edilebilmesi açısından blok zincir teknolojisinin bazı avantajları bulunmaktadır. Kamu kurum ve kuruluşlarına, il özel idarelerine, kamuya yararlı dernek ve vakıflara ve Kızılay ve Yeşilay'a yapılacak bağışlarda, bu kurum ve kuruluşların banka hesaplarına gönderilen tutarların blok zincir üzerinde yer alması, bağışı yapan vergi mükelleflerinin hesap cüzdanlarında (wallet) bu tür yardım bilgilerinin görülebilmesi neticesinde beyanname üzerinden de akıllı sözleşmeler sayesinde indirime aktarılması mümkün olabilecektir. Ayni yardımlar açısından düzenlenecek makbuzların ise ayrı bir ara yüz üzerinden blok zincire veri olarak eklenebilmesi mümkün olabilecektir.

Kanunun 89. Maddesinde yer alan bir başka indirim ise Vergi Usul Kanunu'nun 325/A maddesine göre girişim sermayesi fonu olarak ayrılan tutarların beyan edilen gelirin %10'unu aşmayan kısmıdır. 325/A maddesinde "ayrılan tutarların pasifte geçici bir hesapta tutulması şartı" bulunduğundan, söz konusu indirimden bilanço esasına göre defter tutan ticari kazanç sahibi mükelleflerin faydalanabileceği görülmektedir **(MHUD, 2021, s. 479).** Girişim Sermayesi Yatırım Fonu, nitelikli yatırımcılardan katılma payı karşılığında toplanan para ya da iştirak paylarıyla, pay sahipleri hesabına inançlı mülkiyet esaslarına göre belli varlık ve işlemlerden oluşan portföyü işletmek amacıyla Sermaye Piyasası Kurulu'ndan faaliyet izni alan portföy yönetim şirketleri ve gayrimenkul ve girişim sermayesi portföy yönetim şirketleri tarafından kurulan ve tüzel kişiliği bulunmayan mal varlıkları olarak tanımlanmıştır **(Sermaye Piyasası Kurulu, 2022)**. Borsa İstanbul Pay Piyasasında (YÜFP-Yapılandırılmış Ürünler ve Fon Pazarı veya NYİP-Nitelikli Yatırımcı İşlem Pazarı) işlem gören girişim sermayesi yatırım fonlarına bankaların menkul hesapları üzerinden yatırım yapılabilmektedir. Blok zincir teknolojisi yönünden bilanço esasına göre defter tutan tacirler açısından bankalar üzerinden

gerçekleştirilen bu tür yatırımlar ilgili hesap cüzdanlarında izlenebilecek, yatırılan tutarlar görülebilecektir. Akıllı sözleşmeler sayesinde bu tutarların beyan edilen gelirin %10'unu aşmayan kısımlarının indirime konu edilmesi mümkün olabilecektir.

89. maddede yer alan bir başka indirim kalemi ise 14. Bentte sayılan "korumalı işyeri indirimi" olarak tanımlanan indirimdir. 5378 sayılı Engelliler Hakkında Kanuna göre kurulan korumalı işyerlerinde istihdam edilen ve işgücü piyasasına kazandırılmaları güç olan zihinsel veya ruhsal engelli çalışanlar için diğer kişi ve kurumlarca karşılanan tutar dâhil yapılan ücret ödemelerinin yıllık brüt tutarlarının %100'ü beyan edilen gelirden indirim konusu yapılabilecektir. Korumalı İş Yeri Yönetmeliğin 14. Maddesinde belirtilen en az %40 oranında zihinsel veya ruhsal engelli olmak, Türkiye İş Kurumu'na kayıtlı olmak ve 15 yaşını bitirmiş olmak şartlarını sağlayan en az sekiz çalışanı istihdam eden işverenler korumalı işyeri statüsünü kazanmak için Aile ve Sosyal Politikalar İl Müdürlüklerine başvurabileceklerdir **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2022a, s. 623).** İlgili yönetmeliğin 13. Maddesinde ise korumalı iş yerleri, işe aldığı engelli bireyleri en geç bir ay içinde Çalışma ve İş Kurumu İl Müdürlükleri ile Aile ve Sosyal Hizmetler İl Müdürlüğü'ne bildirmekle yükümlü tutulmuştur. Blok zincir teknolojisi açısından korumalı işyeri indirimi uygulamasının potansiyel avantajları bulunmaktadır. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığında korumalı işyeri statüsü kazanan mükelleflere ilişkin veri tabanı ve İŞKUR'a bildirilen korumalı işyeri kapsamındaki istihdam verilerinin yan zincir olarak kullanılabileceği uygulamalar ile beyanname üzerinde indirim uygulayacak mükelleflerin gerçekten korumalı işyeri statüsüne sahip olup olmadıkları, çalıştırılan engelli sayısı bilgileri gibi yardımcı verileri de esas alan akıllı sözleşmeler sayesinde her bir engelli bireyin 5 yıldan fazla istihdam edilip edilmediği ve yıllık olarak indirilecek tutarın her bir engelli çalışan için asgari ücretin %150'sini aşıp aşmadığının kontrolü mümkün olabilecektir.

Kanunun 89/1-16. Bendinde sayılan bir diğer indirim kalemi ise mikro ihracattan kaynaklı indirimdir. Söz konusu bende göre tam mükellef gerçek kişilerin 4458 sayılı Gümrük Kanunu'nun 225. Maddesi kapsamında dolaylı temsilci olarak yetkili kılınan Posta İdaresi ya da hızlı kargo taşımacılığı yapan şirketler tarafından düzenlenen elektronik ticaret gümrük beyannamesi ile gerçekleştirdikleri mal ihracatları kapsamında elde ettikleri kazancın %50'si ilgili faaliyetten kaynaklı hasılatın büyüklüğüne göre sigortalı olarak çalıştıracakları işçi sayısının sağlanması şartıyla beyanname üzerinden indirilebilecektir. Ağırlığı 300 kilogramı ve değeri 15.000 Euro'yu geçmeyen bir malın posta idaresi ya da hızlı kargo taşımacılığı yapan şirketler aracılığı ile yurt dışına

gönderilmesi mikro ihracat olarak tanımlanmaktadır. Mikro ihracatta eşyanın gümrük beyanı dâhil tüm işlemleri operatör olarak Ticaret Bakanlığı'nca yetki verilmiş tüzel kişilerce yapılmaktadır. Satıcı sadece mallarını fatura ile birlikte operatöre teslim eder ve operatör ise elektronik ticaret gümrük beyannamesini (ETGB) düzenleyerek gümrük idaresine bildirecektir. Malı yurt dışına gönderilen mükelleflerin bilgilerinin de yer aldığı ve Vergi Daireleri Otomasyon Projesi (VEDOP) sistemine aktarılan bu EGTB'ler sayesinde ihracatın tevsiki mümkün hale gelmektedir. Blok zincir teknolojisi açısından ele alındığında, ilgili indirimden yararlanmak isteyen mükelleflerin SGK veri tabanında veya muhtasar beyannamelerinde yer alan çalıştırdığı işçi bilgileri ve EGTB'de yer alan ihracat tutar bilgileri esas alınarak ortaya çıkacak hasılatları üzerinden akıllı sözleşmeler sayesinde mükelleflerin indirimden yararlanma hakkı olup olmadığı tespit edilebilecek ve bu işlemler nedeniyle elde edilen kazancın %50'si hesaplanabilecektir.

Kanunun 89. Maddesinde belirtilen bir kısım indirimlerin blok zincir teknolojisi sayesinde takibi ve otomatikleşmesi potansiyeli bulunmaktadır. Bununla birlikte, geçici maddelerde ve diğer kanunlarda yer alan indirimler için de bazı potansiyeller bulunmaktadır. Blok zincir (ana zincir) ve buna ek olarak çeşitli veri tabanlarından elde edilebilecek yan zincirler (sidechains) sayesinde vergisel indirimlerin otomasyonu ve takibinin daha kolay hale getirilebilme olasılığı bulunmaktadır. Bununla birlikte teknolojinin ve mevzuat hükümlerinin çeşitlenmesine paralel olarak bu potansiyelin daha da artabileceği düşünülmektedir.

4.5. Kurumlar Vergisi Kanunu Açısından Blok zincir Teknolojisi

5520 sayılı Kurumlar Vergisi Kanunu, sermaye şirketleri, kooperatifler, iktisadi kamu kuruluşları, dernek ve vakıflara ait iktisadi işletmeler ve iş ortaklıklarının kurum kazançlarının vergilendirilmesini esas alan bir kanundur. Kurum kazançları ise, gelir vergisinin konusuna giren ticari kazançlar, zirai kazançlar, serbest meslek kazançları, menkul ve gayrimenkul sermaye iratları ve diğer kazanç ve irat kalemlerinden mütevekkil olup bu kazançlar Gelir Vergisi Kanunu'nda olduğu gibi ayrı ayrı değerlendirilmekten ziyade bir bütün olarak kurum kazancı şeklinde değerlendirilmektedir **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2022b, s. 1).**

Kurumlar Vergisi, yukarıda sayılan kurumların bir hesap dönemi içinde elde ettikleri safi kurum kazançları üzerinden hesaplanır. Safi kurum kazançlarının tespitinde Gelir Vergisi Kanunu'nun ticari kazanç hakkındaki hükümleri uygulanır. (Md.6). Gelir Vergisi

Kanunu'nun 38 ve 39. maddelerine istinaden ticari kazançlar bilanço esasında veya işletme hesabı esasında tespit edilirken, 213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 176'ıncı ve 177'inci maddeleri, her türlü ticaret şirketleri ile kurumlar vergisine tabi olan diğer tüzel kişiliklerin birinci sınıf tüccar sayılacağını ve bilanço esasına göre defter tutmaları gerektiğini ifade etmektedir. Dolayısıyla Kurumlar Vergisi'ne tabi mükelleflerin safi kurum kazançları bilanço esasına göre tespit edilmektedir. Gelir Vergisi Kanunu'nun 38. Maddesinde değinildiği üzere bilanço esasında ticari kazancın tespiti teşebbüsteki öz sermayenin dönem sonu ve dönem başlarındaki müspet farkları dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu kapsamda 5520 sayılı Kurumlar Vergisi Kanunu'nda safi kazancın belirlenmesinde temel ölçü dönem sonu ve dönem başı öz sermaye kıyaslaması olup, bu kazancın tespitinde kanunun 7'inci ve müteakip maddelerinin yanı sıra Gelir Vergisi Kanunu'nun indirilecek giderlere ilişkin 40. Maddesi de dikkate alınacaktır **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2022b, s. 166).**

Bilanço esasına tabi olan Kurumlar Vergisi mükelleflerinin tutması gereken yasal defterleri 213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nda yevmiye defteri, defteri kebir ve envanter defteri olarak sıralanmıştır. Esas itibarıyla bu defterler mükellefler tarafından oluşturulan iç muhasebe sistemleri veya mükellefler adına serbest muhasebecilik ve mali müşavirlik mesleği ile iştigal eden meslek erbapları tarafından kullanılan elektronik programlar sayesinde oluşturulmakta ve ilgili hesap dönemi için onaylanmış olan fiziki defterlere yazdırılarak yasal defterler oluşturulmaktadır. Ancak 213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 5766 sayılı Kanun'un 17'inci maddesi ile değişen mükerrer 242. Maddesi gereğince Maliye Bakanlığı'na elektronik defter, kayıt ve belgelerin oluşturulması, kaydedilmesi, iletilmesi, muhafazası ve ibrazı ile elektronik defter ve belgelerin tutulması ve düzenlemesine ilişkin usul ve esasların belirlenmesine ilişkin yetki verilmiştir. Bu yetki çerçevesinde de 1 Sıra No.lu Elektronik Defter Genel Tebliği 13.12.2011 tarih ve 28141 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir **(Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2011).**

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte fiziki olarak tutulan yasal defterlerin yerine elektronik ortamda tutulan defterlerin alması beklenmektedir. 2021 yılı itibarıyla e-defter kullanan mükelleflerin sayısı 282.751 adettir. Ancak 19.10.2019 tarih ve 30923 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan değişiklik ile e-fatura uygulamasına geçiş zorunluluğu bulunan mükelleflerin de e-defter sistemine geçmek zorunda olmaları ve buna ilişkin çıkarılan 509 Sıra No.lu Vergi Usul Tebliği'nde 2022 yılı içinde e- fatura sistemine geçme zorunluluğu bulunan mükelleflerin de 1 Ocak 2023 tarihinden itibaren e-defter sistemine

geçmeleri zorunluluğunun getirilmesi neticesinde çok daha fazla mükellefin artık yasal defterlerini e-defter olarak tutmaya başlayacakları görülecektir. Dolayısıyla bilanço esasına göre belirlenen kurum kazançlarının tespitinde fiziki olarak tutulan yevmiye defterlerinin zamanla elektronik olarak tutulan e-defterlerde tutulan muhasebe kayıtları üzerinden tayini yaygınlık kazanacaktır. Bu minvalde e-defter sisteminin teknik yapısı ve blok zincir teknolojisinde uygulanabilirliği önem kazanacaktır.

4.5.1. E-Defter Sisteminin Teknik Yapısı

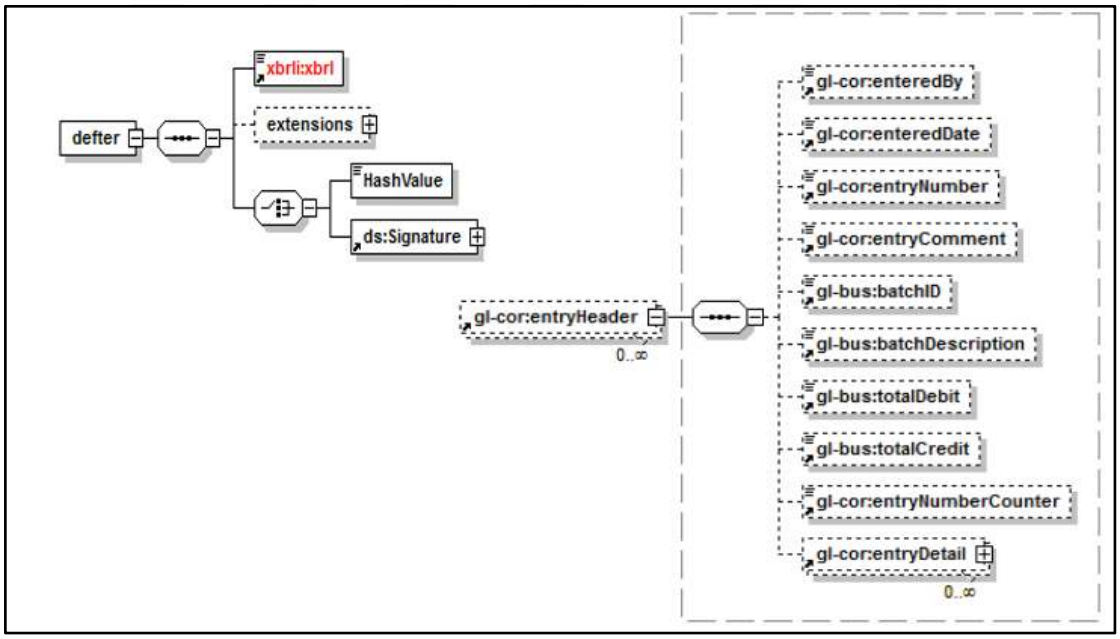
Vergi Usul Kanunu ve Türk Ticaret Kanunu'na göre tutulması zorunlu olan defterlerde yer alması gereken bilgileri içeren e-defter uygulamasında fiziki olarak kâğıt ortamında tutulan defterlerin yerini elektronik kayıtlardan oluşan ve aylık veya üç aylık periyotlarla oluşturulan defter bütünleri almaktadır. E-defter sistemine geçmekle mükellef olan vergi mükellefleri, Gelir İdaresi Başkanlığı'nca talep edilen standartlarda elektronik olarak oluşturdukları yevmiye defteri ve defter-i kebirleri belirlenen dönemlerde elektronik imza ile imzalamakta veya mali mühürle mühürlemektedir. Mühürlenen veya imzalanan defter dosyaları üzerinden oluşturulan beratlar şema ve şematron kontrollerinden geçtikten sonra oluşturulan berat dosyaları da mühürlenerek veya imzalanarak paketlenir ve Gelir İdaresi Başkanlığı'na sunulmak üzere www. edefter.gov.tr adresine yüklenir. Vergi mükelleflerinin kendi mali mührü veya elektronik imzası ile yükledikleri berat dosyaları Gelir İdaresi Başkanlığı'nca şema ve şematron kontrolleri yapıldıktan sonra Başkanlığın mali mührü ile mühürlenerek GİB onay beratı oluşturulur. Böylelikle hem vergi mükelleflerinin elektronik imza veya mali mührünü hem de Gelir İdaresi Başkanlığı'nın mali mührünü ihtiva eden berat dosyaları, ilgili mükelleflerin ilgili dönemlerine ilişkin yasal defterleri olarak şekillenmektedir **(GİB, 2018b, 2–8).**

Gelir İdaresi Başkanlığı, elektronik yevmiye defteri ve defteri kebirlerin oluşturulmasında XBRL-GL taksonomisini esas alarak bazı standartlar getirmiştir. XML tabanlı genel bir işaretleme dili olan ve herhangi bir lisans gerektirmeden herkese açık olan XBRL (eXtensible Business Reporting Language- Genişletilebilir İşletme Raporlama Dili) standardı, finansal bilgilerin hazırlanması, analizi, raporlanması ve internet üzerinden veya diğer elektronik yöntemlerle transfer edilmesine yönelik devlet birimleri, Uluslararası Muhasebe Standartları Kurulu (IASB) ve diğer denetim ve yazılım şirketlerinin yer aldığı 600 katılımcı tarafından geliştirilmiş bir standartlar bütünüdür. Finansal Raporlama (XBRL_FR) ve Global Defter (XBRL_GL) olmak üzere iki temel

spesifikasyonu bulunmaktadır. Bunlardan XBRL-GL, farklı muhasebe sistemlerinde oluşturulan kayıtların tek bir standartta hazırlanmasını sağlayan ve veri aktarımını oluşturulan bu standartlar üzerinden daha kolay hale getiren bir işaretleme dilidir. Esasen XBRL-GL taksonomisi Gelir İdaresi Başkanlığı tarafından yevmiye defterleri ile defteri kebirlerin oluşturulmasında esas alınan standartları ihtiva etmekte olup, bu defterler bu standartlara göre oluşturulmak zorundadır **(GİB, 2017a, 6–8).**

XBRL-GL taksonomisi, COR (Çekirdek), BUS (Geliştirilmiş İşletme Kavramları), MUC (Çoklu Döviz Kuru) ve TAF (Vergi Denetim Dosyası) gibi çeşitli modülleri ihtiva eden modüler bir yapıdadır. XBRL-GL taksonomisinin çekirdek modülü olarak ifade edilen COR modülü, temel düzeyde muhasebe işlemlerini kapsamakta, BUS modülü ise COR modülünü destekleyici şekilde defterde bulunması istenen ticari olayları, organizasyon detaylarını, müşteriye veya satıcıya ilişkin işlem detaylarını, personele ait bilgileri genişletici bir yapıdadır.

Söz konusu taksonomide bir yevmiye defterinin yapısı, "xbrl" elemanı altında yer alan "enteryHeader" veri grubu içinde ve 10 başlıkta toplanan alt elemanlardan oluşmaktadır.



Şekil 21. "enteryHeader" veri grubu

Kaynak: (GİB, 2017b)

"enteryHeader" veri gurubunda yer alan alt elemanlar incelendiğinde, bu alt elemanların yevmiye kaydını gerçekleştiren kişi *(enteredBy)*, kayıt tarihi *(enteredDate)*,

kayıt tanıtıcısı *(entryNumber),* kayıt açıklaması *(enrtyComment),* toplam borç *(totalDebit)*, toplam alacak *(totalCredit)*, yevmiye madde numarası *(entryNumberCounter)* ve kayıt detayları *(entryDetail)* alanlarından oluştuğu görülmektedir.

Tablo 6.

"enteryHeader" Alt Eleman Grubu

No	Eleman Adı	Eleman Etiketi	Türkçe Karşılığı
	entryHeader	**Entry Information**	**Kayıt Bilgisi**
1	enteredBy	EntryCreator	Girişi Yapan Kişi
2	enteredDate	EntryDate	Kayıt Tarihi
3	entryNumber	EntryIdentifier	Kayıt Tanıtıcısı
4	entryComment	EntryDescription	Kayıt Açıklaması
5	batchID	Batch ID forEntryGroup	Şube No
6	batchDescription	BatchDescription	Şube Adı
7	totalDebit	Total Debits	Toplam Borç
8	totalCredit	Total Credits	Toplam Alacak
9	entryNumberCounter	EntryNumber Counter	Yevmiye Madde Numarası
10	entryDetail	EntryDetail	Kayıt Detayı

Kaynak: (GİB, 2017b, s. 8)

Esas itibarıyla her "entryHeader" bir yevmiye maddesini ve bunun altında yer alan her bir "entryDetail" elemanı ise yevmiye satırını ifade etmektedir. "enteryDetail" elemanı yevmiye defterinde her bir yevmiye satırında yer alması gereken kayıt detaylarının gösterildiği veri grubudur. Bu veri grubu içinde satır numarası *(lineNumber),* yevmiye tarihi *(postingDate),* muhasebesel olarak ana hesap numaraları *(accountMainID),* ana hesap adları *(accountMainDescription),* alt hesap numaraları *(accountSubID),* işlemin parasal tutarı *(amount),* borç/alacak tanımlayıcısı *(debitCreditCode)* muhasebe kaydına konu olan belgenin tipi *(documentType),* bu belgenin tarihi *(documentDate)*, belgenin numarası *(documentNumber),* ödeme yöntemleri *(paymentMethod)* gibi bir yevmiye maddesine olması gereken tüm unsurlar yer almaktadır **(GİB, 2017b).**

Dolayısıyla, her bir yevmiye maddesinde ilgili muhasebe işlemine ilişkin bir ana hesap numarası, ana hesap adı, alt hesap numarası, alt hesap adı gibi unsurlar manuel olarak yevmiye girişini yapan operatör tarafından yazılmaktadır. Bu şekilde defter tutmak zorunda olan mükelleflerin oluşturduğu ve xml formatında ortaya çıkan yevmiye defterleri çoğunlukla aylık olarak belirlenen belli periyotlarla hazırlanarak mükelleflerin mali mührü veya elektronik imzası ile imzalandıktan sonra beratlar oluşturulmakta ve oluşturulan

beratlar da dosya içinde Gelir İdaresi Başkanlığı'na sunularak Başkanlığın mali mührü ile onaylandıktan sonra tekrar mükelleflerin kullanımına sunulmaktadır. Hazırlanan defterler ve defter beratlarının saklanması hususundaki sorumluluk ise mükelleflere aittir. Bu minvalde elektronik olarak hazırlanan defterler mükelleflerin bilgisayarlarında veya bu işlerle iştigal eden entegratörler aracılığı ile bir nevi klasik veri tabanı olarak tanımlanacak şekilde saklanmaktadır.

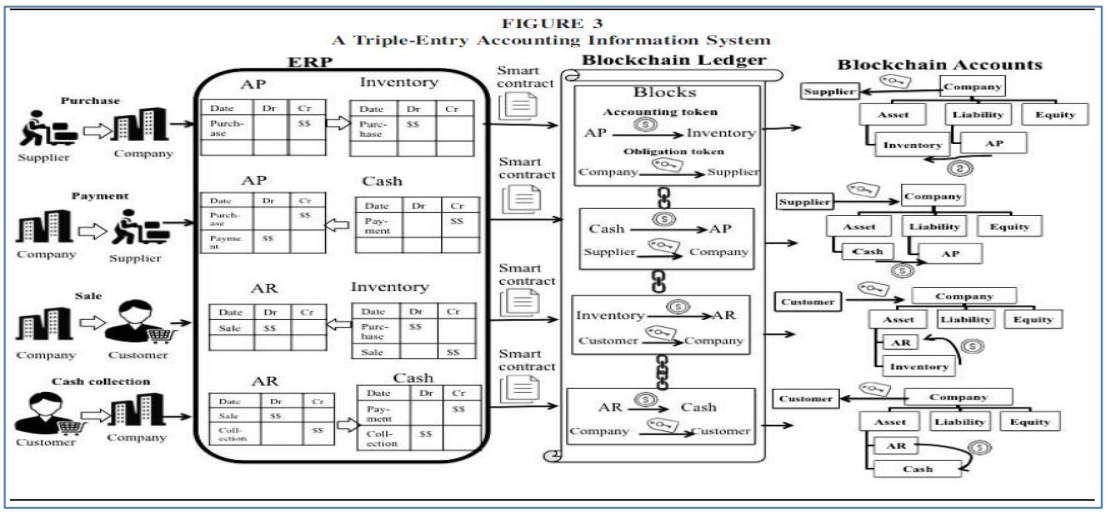
XBRL ortak standardında ve XML formatında hazırlanan, kayıt girişi yapan operatörlerin ana hesap kodu, ana hesap adı, alt hesap kod ve adı ile tutarları, belge numaralarını manuel olarak girerek oluşturdukları elektronik defterlerin mükelleflerin kendi bilgisayarları veya özel entegratörlerin veri tabanlarından saklanmasından ziyade bir blok zincir ağı üzerinde izlenip izlenemeyeceği sorusu önem arz etmektedir.

4.5.2. E-Defter ve Üç Taraflı Kayıt (Triple-Entry Accounting) Sistemi

Aslen 2005 yılında ilk defa Ian Grigg tarafından tanımlanan üç taraflı kayıt sistemi alıcı veya satıcı gibi iki tarafın işlem yaptığı ve üçüncü tarafın da onayladığı bir sistemdir. Grigg tarafından önerilen bu sistem üç taraflı mutabakat mekanizması üzerine kurulmuş bir sistemdir. Tarafların eşzamanlı olarak başlattığı işlem kayıt süreci, işleme yönelik taleplerinin ağa duyurulması ile başlamaktadır. İşlem talebi ağ veri tabanına her iki tarafın imzasını temin etmek üzere gönderilirken, bu işlemin veri tabanına işlenmesinden önce sistem her iki tarafın imzasının doğruluğunu kontrol etmektedir. Dolayısıyla alıcı ve satıcı arasındaki uzlaşının yanında sistemin de imza doğrulaması yoluyla üçüncü bir kontrolü üç taraflı bir uzlaşı mekanizmasına işaret etmektedir **(Alkan, 2021, 46–47)** .

Literatürde üç taraflı kayıt sistemi ile ilgili önemli bir çalışma Dai ve Vasarhelyi tarafından ortaya konulan çalışmadır. Söz konusu çalışmada gerçekleşen bir muhasebesel işlemin kurumların kendi muhasebe sistemleri içindeki kayıtlarının yanında bir blok zincir defterinde de kayıt edilmesine yönelik öneriler getirilmiştir. Bir kredili satın alma işleminin tarafı olan X işletmesi ile onun tedarikçisinin bu satın alma işlemleri sırasında kendi iç muhasebe sistemlerinde X işletmesi için ticari borç (AP-Accounts Payable) yükümlülüğü ve ticari mallar varlığı (Inventory) yaratan kayıt, tedarikçi firma açısından ise ticari alacak varlığı (AR-Accounts Receivable) ve üretilen mamuller hesabı veya ticari mallar hesabı borcu (Inventory) ortaya çıkarmaktadır. Önerilen sistemde her bir muhasebesel işlem muhasebe tokenleri (accounting tokens) ve her bir yükümlülük (X firmasının tedarikçiye borcu gibi) ise yükümlülük tokenları (obligation token) ile blok

zincir defterlerinde kayıt altına alınmaktadır. Örneğin X işletmesinin bu işlemle ilgili blok zincir bloğunda, muhasebe kayıtlarında ticari borçlar hesabından (AP) ticari mallar hesabına (Inventory) yönelik bir muhasebe tokeni hareketi yer alırken, bunun karşılığı olarak da satıcılar hesabına mütekabil tedarikçisine (supplier) yönelik de bir yükümlülük tokeni yer alacaktır. X firmasının (company) envanterine dâhil ettiği mallar nedeniyle tedarikçisine (supplier) ödeme yapması durumunda ise blok zincirin ilgili bloğunda muhasebesel olarak Kasa veya Bankalar (cash) hesaplarından ticari borçlar (AP) hesabına doğru bir muhasebe tokeni hareketi olacak ve karşılığında ise tedarikçisinden kendisine yönelik yükümlülük tokeni hareketi gerçekleşecektir. Muhasebe hesapları arasında gerçekleşen token değiş tokuşu her bir hesapta karşılıklı bakiye kontrolüne imkân vermektedir. Örneğin X firmasının tedarikçiye borcu karşılığında ticari borçlar (AP) hesabında görülen artış, ödeme gerçekleştiğinde bankalar veya kasa hesabından bu hesaba yönlendirilecek muhasebe tokeni neticesinde aynı ölçüde azalışa sebep olacak ve denge sağlanacaktır. Yükümlülük tokenları da bu dengenin sağlanmasına yardımcı olabilecektir. Zira X firmasının yükümlülük tokenlarının toplam değeri, tedarikçinin ticari alacaklar bakiyesi ile karşılaştırılarak otomatik uyum sağlanabilecektir.



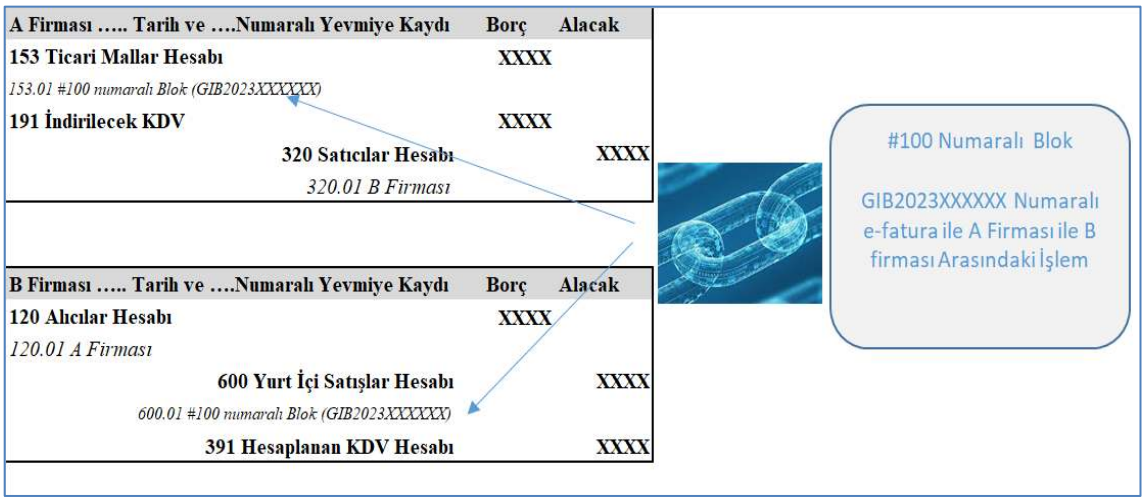
Şekil 22. Üç taraflı muhasebe kaydı bilgi sistemi

Kaynak: (J. Dai ve Vasarhelyi, 2017, s. 11)

Dai ve Vasarhelyi, önerdikleri sistemde bir blok zincir hesabını (blockchain account) tıpkı bir Bitcoin cüzdanında olduğu gibi kullanıcının benzersiz kimliğini, gerçekleştirdiği işlemlerini, cari bakiyesini, kriptografik anahtarlarını içeren bir hesap olarak tanımlamışlardır. Bu blok zincir hesapları her bir kullanıcıya özel hesaplar olup

içerik olarak hiyerarşik bir yapıda kurgulanmıştır. Bir kullanıcı hesabının en altında muhasebe hesapları, orta segmentinde bilançoyu oluşturan aktif toplamı ile mütekabili pasif toplamı (borçlar ve öz kaynaklar) ve en üst segmentte ise bir bütün olarak şirketin kendisi yer almaktadır. Bu hiyerarşik yapı otomatik olarak şirketin mevcut bilanço denkliğini (Aktif Toplamı = Pasif Toplamı) akıllı sözleşmeler üzerinden sağlayabilecek bir yapı olup, dengesizliğin saptanması durumunda otomatik olarak uyarı verebilecektir.

E-defter uygulamasında mükelleflerin birbirleri ile gerçekleştirdiği işlemlerin muhasebe kayıtları, kendi iç muhasebe sistemleri tarafından ilgili ana hesap ve alt hesap kodlarında muhasebeleştirilmekte ve her bir işlem mükelleflerin kendi muhasebe sistemlerinde çift taraflı olarak izlenmektedir. Mükelleflerin çift taraflı olarak kendi muhasebe sistemleri içinde izlediği vergisel işlemlerin ayrıca blok zincir ağında üç taraflı izlenebilmesine yönelik çalışmalar mevcuttur. Bir e-defter mükellefinin bir başka e-defter mükellefi ile basit olarak bir mal alış-verişi işlemi gerçekleştirmesi durumunda, bu işlemin bir belgeye dayandırılması gerekmektedir. Örnek olarak A firmasının tedarikçisi B firmasından kredili olarak almış olduğu ticari malların kaydı çift taraflı kayıt sisteminde aşağıdaki gibi şekillenmektedir.



Şekil 23. Blok zincir işlemi blok numarasının muhasebe kaydı

Kaynak: Tarafımızca Oluşturulmuştur.

A firması ile B firması arasında gerçekleştirilmiş olan işlemin örneğin bir blok zincir ağı üzerinde #100 numaralı blokta yer alması durumunda, her iki firmanın iç muhasebe sistemlerinde, alt hesap kodlarında (153.01 veya 600.01 gibi) ilgili blok bilgilerine yer verilerek izlenebilmesi mümkündür. Böylelikle, blok zincir ağı üzerinde üçüncü taraflarca onaylanmış olan bir vergisel işlemin ait olduğu bloğa ait bilgiler söz konusu mükelleflerin

e-defterlerinde de ayrı ayrı olarak görülebilecektir. Bununla birlikte Dai ve Vasarhelyi'nin önerdiği gibi her bir blokta işlemleri bulunan taraflar nezdinde oluşturulacak ve tıpkı bir Bitcoin cüzdanı şeklinde ifade edilen blok zincir hesapları üzerinden A firması ile B firmasının ana hesap kodları üzerinde biriken bakiyelerin takibi de yapılabilecektir. Örneğin B firmasının A firmasına gerçekleştirdiği ve #100 numaralı blokta ifade edilen satış işlemi nedeniyle blok zincir hesabında 600-Yurt İçi Satışlar Hesabı ilgili satış tutarı kadar artacaktır. Belli bir vergilendirme dönemi sonunda ilgili blok zincir hesabında B firmasının 600-Yurt İçi Satışlar Hesabının toplam bakiyesi hesaplanarak Gelir Tablosu'nda "Brüt Satışlar" kaleminin akıllı sözleşme vasıtasıyla yazılımsal olarak hesaplanabilmesi, bu yolla tüm hesap kalemleri üzerinden gelir tablosunun bir bütün halinde oluşturulabilmesi mümkün olabilecektir.

Bu minvalde, mükelleflerin tutmakta oldukları e-defterlerin blok zincir teknolojisiyle entegrasyonu mümkün bulunmaktadır. XBRL-GL standartlarında belirlenen yevmiye defteri alanlarından "enteryDetail" veri grubu içinde blok zincir kaydına ilişkin verilerin oluşturulabilmesine yönelik yazılımsal düzenlemeler ile her bir muhasebe işleminin bağlı olduğu blok numarası ile ilgili açıklamaların alt hesaplara işlenebilmesi mümkündür. Böylelikle, çift taraflı olarak kayıt edilen muhasebe işlemlerinin validasyonu veyahut doğrulaması gerçekleşmiş bir blok kaydı ile ilişkilendirilmesi suretiyle işlemlerin gerçekliğine ilişkin bir karine de ortaya çıkmakta, denetim kolaylığı sağlanmaktadır.

4.5.3. Blok zincir Teknolojisinin Kurumların Transfer Fiyatlandırmasına Etkisi

5520 sayılı Kurumlar Vergisi Kanunu'nun 13. Maddesinde transfer fiyatlandırması yoluyla örtülü kazanç dağıtımı hükümlerine ilişkin açıklamalar getirilmiştir. Bir vergi güvenlik müessesi olarak kanunda yer alan bu uygulamanın sonucunda Kanun'un 11/1-c maddesinde belirtildiği üzere transfer fiyatlandırması yolu ile örtülü olarak dağıtılan kazançların kurum kazancından indirilmesi mümkün bulunmamaktadır. Mezkûr kanunun 13. Maddesi, kurumların ilişkili kişilerle emsallere uygunluk ilkesine aykırı olarak tespit ettikleri bedel veya fiyat üzerinden mal veya hizmet alım satımında bulunması durumunda elde edilen kazancı kısmen veya tamamen örtülü olarak dağıtılmış saymaktadır. Kanun maddesinde ilişkili kişi kurumların kendi ortakları, kurumların veya ortaklarının ilgili bulunduğu gerçek kişi veya kurum ile idaresi, denetimi veya sermayesi bakımından doğrudan veya dolaylı olarak bağlı bulunduğu ya da nüfuzu altında bulundurduğu gerçek

kişi veya kurumlar olarak tanımlanmış ve ayrıca ortakların eşleri ile bunların üstsoy ve altsoyu ile üçüncü derece dâhil yansoy hısımları ve kayın hısımları da ayrıca ilişkili kişi sayılmıştır. Bunun yanında kazancın elde edildiği ülkedeki vergi sisteminin, Türk vergi sisteminin yarattığı vergilendirme kapasitesi ile aynı düzeyde olup olmadığına bakılmaksızın Cumhurbaşkanınca ilan edilen ülkelerde veya bölgelerde bulunan kişilerle yapılmış tüm işlemler de ilişkili kişilerle yapılmış sayılabilmektedir.

Esas itibarıyla kurumların amacı mümkün olan en yüksek karlılığa ulaşmaktır. Ancak karları üzerinden daha az vergi ödemek isteyen mükelleflerin zamanla vergiden kaçınma olarak tanımlanan ancak herhangi bir vergi suçu kapsamına girmeyen uygulamaları vergi matrahını aşındırabilmektedir. Bu kapsamda vergi güvenlik müessesi olarak kanuna eklenen hususlardan biri de transfer fiyatlandırması yolu ile örtülü kazanç dağıtımının kurum kazancından indirilmemesine yönelik uygulamadır. Bu minvalde transfer fiyatlandırması yolu ile örtülü kazanç dağıtımı, vergilendirilmemiş kurum kazançlarının fiyat farklılaştırılması yolu ile ortaklara aktarılmasını ifade etmektedir. 5520 sayılı Kurumlar Vergisi Kanunu'nun 11/1-c maddesi, bir vergi güvenlik müessesi olarak kurum kazancının tespitinde bu türden kazançların indirilmesini kabul etmemektedir **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2022b, s. 347)**.

Blok zincir teknolojisinin transfer fiyatlandırması alanındaki uygulamaları genel anlamıyla çok uluslu firmalarla bunların farklı ülkelerdeki iştirakleri arasında yarattıkları vergisel avantajlar üzerindeki çalışmalardır. Uluslararası firmaların (MNEs-Multinational Enterprises) A ülkesindeki ana firması ile B ülkesindeki bağlı şirketi arasındaki işlemler "firma içi işlemler" (intra-firm transactions) veya ilişkili kişi işlemleri olarak tanımlanmaktadır. Transfer fiyatlandırması terimi, uluslararası vergilendirmede ilişkili kişilerle olan işlemler üzerinde oluşturulacak fiyatlandırma sistemini belirleyen vergi politikaları ve kurallarını ifade etmektedir. Eğer ilişkili firmalar birbirleri arasındaki mal veya hizmet alışlarında uygulayacakları fiyatlamayı istediği gibi belirleyebilirlerse, bir firmadaki karlarını düşük vergi uygulanan ülkeye, zararlarını ise yüksek vergi uygulayan ülkeye sevk etme saiki ile hareket edeceklerdir. Transfer fiyatlandırması kuralları, vergilendirilebilir gelirin ülkeler arasındaki transferine yönelik bu türden uygulamalarla mücadele amacı ile dizayn edilmektedir.

Her ülkedeki transfer fiyatlandırması kurallarının farklı olması, çoğu ülkelerde buna ilişkin olarak mükelleflerden istenen dokümantasyon taleplerinin mükerrerliği, uluslararası firmalardan edinilen verilerin her bir ülkede ayrı ayrı tutulması gibi hususlar vergi otoritelerini transfer fiyatlandırması ile ilgili dokümanlarda ortaya çıkabilecek

manipülasyonları zamanında kavrayamama riski ile karşı karşıya bırakmaktadır. Blok zincir teknolojisi sayesinde, firma içi anlaşmalar ve transfer fiyatlandırması ile ilgili diğer dokümanların zaman damgalı ve kriptografik olarak şifrelenmiş bir şekilde blok zincir ağında kaydedilmesi veri manipülasyonu riskini önleyebilecek, vergi otoriteleri ise işlemlerin akışını ve grup içi ilişkili firmaların takibini daha kolay yapabilecektir **(Kim, 2021, 50–52).**

Uluslararası firmaların kendi grup firmaları arasında vergisel avantaj elde etmek ve kar aktarımını önlemek amacıyla birçok ülke transfer fiyatlandırması kurallarını uygulamaktadır. Buradaki amaç ilişkili firmalar arasında uygulanan fiyatların doğru saptanmasını teyit eden ve ilişkili firmaların uyguladığı fiyatların piyasa fiyatlarını yansıtmasını amaçlayan emsallere uygunluk (Arm's Lenght Principle) prensibinin sağlanmasıdır. Vergi mükelleflerince kullanılabilecek blok zincir akıllı sözleşmeleri, transfer fiyatlaması kurallarına uyum için denetim aracı olarak kullanılabilecektir. Daha açık bir ifadeyle blok zincir tabanlı regülasyon teknolojileri (RechTech) bir uluslararası vergi mükellefi grubunun grup içi transfer fiyatlandırması aktivitelerinin kontrolüne yardımcı olabilecektir. Bu grubun tüm iş sürecini blok zincir platformuna taşıması durumunda, akıllı sözleşmeler "eğer-o zaman" sorgu temeli ile çalışabilecek, herhangi bir grup içi işlem nedeniyle oluşacak fiyatların belirlenmiş olan emsal fiyatlar seviyesinde olması durumunda akıllı sözleşme devreye girerek işlemler gerçekleştirilecektir. Örneğin grup içi emsal fiyatın maliyet artı %20 kar şeklinde belirlenmiş olması durumunda firmalar arası işlemler ve ödemeler otomatik olarak gerçekleşecek, bu fiyatın altındaki işlemler için akıllı sözleşmeler sistemi işletmeyecek ve ödemeler yapılmayacaktır. Böylelikle şüpheli transfer fiyatlandırması işlemlerini bloke ederek blok zincir sistemi vergisel uyum servisi olarak hizmet verebilecektir **(Tian, 2020, 151–166).**

Kurumlar Vergisi Kanunu ve Gelir Vergisi Kanununda kendisine yer bulan transfer fiyatlandırması düzenlemeleri açısından blok zincir teknolojisi önemli avantajlar barındırmaktadır. Transfer fiyatlandırmasında ele alınması gereken hususlardan en önemlisi, emsallere uygunluk ilkesini sağlayan fiyatı tespit edebilmektedir. Bu amaç açısından en etkin çözüm ise karşılaştırmalar sonucu ulaşılabilecek tek bir fiyat ve bedeli tespit edebilmektedir. Ancak yapılacak karşılaştırmalar neticesinde tek bir fiyat veya bedelden ziyade birbirine yakın birden çok sonucu içeren bir fiyat ve bedel aralığına ulaşabilmek de mümkündür. Aynı yöntemin farklı karşılaştırılabilir ilişkisiz işlem verilerine uygulanmasından elde edilecek değişik fiyatların oluştuğu bir fiyat dizisi olarak tanımlanabilecek emsal fiyat aralığının belirlenmesi neticesinde mükellefler isterse bu

sonuç aralığında aritmetik ortalama, mod, medyan veya bir başka ölçüden en makul olanını kullanarak bir fiyat belirleyebileceklerdir **(Vergi Müfettişleri Derneği, 2022b, s. 364).**

Blok zincir teknolojisinin bu kapsamda getirebileceği potansiyel avantaj ise, zincir içinde işlem gören mallara yönelik GTİP kod tanımlamasına dayalı bir kodlama ile benzer nitelikte ve aynı koda sahip ürünlere yönelik bir emsal fiyat aralığının oluşturulabilmesine imkân verebilmesidir. Emsallere uygun fiyat veya bedelin tespitinde 5520 sayılı kanunun 13. Maddesinde belirtilen ve bir mükellefin uygulayacağı emsallere uygun satış fiyatının, karşılaştırılabilir mal veya hizmet alım ya da satımında bulunan ve aralarında herhangi bir ilişki bulunmayanların birbiri ile yaptıkları işlemlerde uygulayacağı piyasa fiyatı ile karşılaştırılarak tespit edilmesi olarak tanımlanan **karşılaştırılabilir fiyat yönteminin** uygulanması açısından benzer mallara yönelik kolaylıkla emsal fiyat aralığı belirlenebilecektir.

4.6. KDV Kanunu Açısından Blok zincir Teknolojisi

Blok zincir teknolojisinin vergi alanında en fazla literatüre konu olan konusu Katma Değer Vergisi açısından uygulanabilirliğine yöneliktir. 3065 sayılı KDV Kanunu'na göre Türkiye'de ticari, sınai, zirai faaliyet veya serbest meslek faaliyeti çerçevesinde yapılan teslim ve hizmetler ile her türlü mal ve hizmet ithalatı KDV'nin konusuna girmektedir. Bununla birlikte kanunun birinci maddesinin üçüncü fıkrasında sayılan posta, telefon, telgraf vb. hizmetler, her türlü şans ve talih oyunlarının tertiplenmesi, profesyonel sanatçıların ve sporcuların gösteri, konser hizmetleri ve sportif faaliyetlerinin tertiplenmesi, lisanslı depoculuk ürün senetlerinin teslimi gibi sayılı teslim ve hizmetler de KDV'nin konusuna alınmıştır.

Katma Değer Vergisi, teori olarak mal ve hizmet üretiminin veya ithalattan tüketiciye kadar geçen sürecin her aşamasında yaratılan katma değerin vergilendirilmesini amaçlamaktadır. Bununla birlikte diğer muamele vergilerinden farklı olarak mükelleflere indirim müessesinden yararlanma imkânı getirerek vergi yükünün daha adil dağılımını esas almaktadır **(Ergen ve İnci, 2021, s. 37).** KDV Kanunu'nun 29. Maddesinde yer alan indirim müessesine göre mükellefler, vergiye tabi teslim ve hizmetleri üzerinden hesapladıkları katma değer vergisinden, kendilerine yapılan teslim ve hizmetler dolayısıyla ortaya çıkan katma değer vergisini indirilebileceklerdir. İndirilebilecek katma değer vergileri esas itibarıyla mükelleflerin faaliyetlerine ilişkin olarak temin ettikleri

fatura veya benzeri belgelerde gösterilen veya ithalatta ödedikleri katma değer vergileri olarak tanımlanmıştır.

Mezkûr maddeye göre bir vergilendirme döneminde mükelleflerin mal veya hizmet alışları (veyahut ithalat) nedeniyle indirilebilecekleri KDV toplamı, mal veya hizmet satışları nedeniyle hesapladıkları KDV toplamından fazla olması durumunda aradaki fark sonraki dönemlere devrolunur ve iade edilmez. Bu minvalde ülkemizdeki KDV uygulaması, İngiltere, Almanya veya Çin Halk Cumhuriyeti gibi ülkelerde görülen ve devreden KDV'nin belli aralıklarla mükelleflere iadesi olarak şekillenen yaklaşımı benimsememektedir. Kanunun 29/2. Fıkrasında belirtildiği üzere vergi iadesi esasen kanunun 28. Maddesinde belirtilen ve Cumhurbaşkanlığı tarafından vergi nispeti indirilen (indirimli orana tabi) işlemler dolayısıyla yüklenilen ve indirim yolu ile telafi edilemeyen işlemler için mümkün kılınmıştır. KDV kanununda yer alan indirim müessesinin uygulanabilmesi ortada vergiye tabi bir işlemin bulunması ve işlemin vergiden istisna edilmemiş olması şartına dayanmaktadır (Md.30). Kanun, genel olarak vergiden istisna edilmiş işlemleri indirilemeyecek KDV olarak değerlendirse de 30/1-a bendi gereğince tam istisna olarak değerlendirilen 11, 13, 14, 15 ve 17/4-s ile geçici maddelerde belirtilen (geçici 26, 29, 30, 34, 37, 38, 40) ve 6111 sayılı kanunun geçici 16. Maddesi uyarınca KDV'den istisna edilmiş işlemlerin bünyesine giren KDV'lerin hesaplanacak KDV'den indirilmesi kabul edilmiştir.

Bununla birlikte kanunun 30/1-a maddesi parantez içi hükümlerinde belirtilen ve kısmi istisna kapsamındaki 17/2-b, 17/2-c, 17/2-de ile 17/4-ı ve 17/4-ö bentlerinde yer alan işlemlerin bünyesine giren KDV'nin de indirimine izin verilmiştir. Dolayısıyla KDV kanunu bakımından istisnaların bir kısmı (tam istisnalar ve bazı kısmi istisnalar) indirim konusu yapılabilirken bunlardan sadece tam istisna kapsamındaki teslim ve hizmetler hem indirime hem de iadeye konu olabilmektedir **(Ergen ve İnci, 2021, s. 38).** Kanunun 30. Maddesinde sayma usulü ile belirtilen ve yukarıda değinilen işlemler dışındaki diğer teslim ve hizmetlerin ise indirimine izin verilmemektedir. Bir vergilendirme dönemi içinde (mal teslimi veya hizmet ifası nedeniyle) hesaplanan vergiden, o dönemdeki (mal veya hizmet alışı nedeniyle) indirilecek vergi ile önceki dönemden devreden vergi toplamının indirilmesi olarak tanımlanabilecek indirim müessesinden faydalanabilmek için gerekli şartlardan en önemlisi kanunun 34. Maddesinde değinildiği üzere KDV'nin alış faturası ve benzeri vesikalar üzerinden ayrıca (mal bedelinden bağımsız bir şekilde) gösterilmesi ve bu vesikaların kanuni defterlere kaydedilmesidir. Dolayısıyla kural olarak

ancak fatura vb. vesikalar üzerinde tevsik edilebilen ve defterlere kaydedilmiş olan KDV tutarları indirime konu edilebilmektedir.

4.6.1. Blok zincir Teknolojisinin KDV Mükellefiyeti Yönünden Değerlendirilmesi

3065 sayılı KDV Kanunu'nun 8. Maddesinde belirtildiği üzere mal teslimi ve hizmet ifalarında bu işleri yapanlar ve ithalat işlemlerinde ise mal veya hizmeti ithal edenler KDV mükellefleridir. Bunlarla birlikte maddede sayma usulü ile belirtilen diğer işleri yapanlar da KDV mükellefleri olarak belirtilmektedir. Kanunun 10. Maddesinde ise vergiyi doğuran olayın; mal teslimi ve hizmet ifası hallerinde malların teslimi ve hizmetin yapılması, mal tesliminden veya hizmet ifasından önce fatura ve benzeri vesikaların düzenlenmesi halinde ise bu belgelerin düzenlenmesi, ithalatta ise gümrük vergisi ödeme mükellefiyetinin başlaması (gümrüğe tabi olmayan işlerde ise gümrük beyannamesinin tescili) anında ortaya çıktığı ifade edilmektedir. Genel anlamıyla verginin konusuna giren işlemlerin yapıldığı anda vergi ortaya çıkmakta ve bu işlemleri gerçekleştirenler de verginin mükellefi olmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin KDV alanındaki olası katkılarından biri de mükellefiyet tesisinde görülebilmektedir. Nguyen ve diğerlerinin Ethereum ağı üzerinde geliştirdiği sistemde önerdiği üzere vergi idaresinin (VAD) blok zincir ağına KDV mükelleflerini eklemesi örneğinde olduğu gibi GİB bünyesinde tutulan KDV mükelleflerinin oluşturulacak bir blok zincir ağı üzerine eklenmesi mümkün olabilmektedir **(Nguyen ve diğerleri, 2019, s. 75).** Özellikle blok zincirin tedarik zinciri üzerinde olası etkileri değerlendirildiğinde bu teknolojinin KDV mükelleflerinin daha kolay tespit edilebilmesine imkân sağlayacağı düşünülmektedir. Tedarik zinciri sürecinin bu süreci yürüten taraflar, bunların kaynakları, üretim, nakliye, depolama gibi çeşitli aşamaları içermesi ve blok zincir teknolojisi sayesinde ürünlerin kayıtlarının ve geçirdiği aşamaların değiştirilemez bir defterde takibinin sağlanması mümkün hale gelebilmektedir **(Pekdemir, 2021, s. 81)**. Dolayısıyla bir ürünün üretilip teslim edilmesi ve daha sonra katma değer yaratacak şekilde el değiştirmesi sürecinin her aşamasının takibinin yapılarak sürekli şekilde bu işlerle uğraşanların KDV mükellefiyetinin tesis edilip edilmemesi gerektiğinin saptanması kolay hale gelebilecektir.

Bu hususa örnek olarak bir zirai ürünü üreten çiftçiden bu ürünün sofralara geliş aşamasına kadar her el değişinin takibinin bir blok zincir ağı üzerinden yapılabilmesi

mümkündür. 3065 sayılı KDV Kanunu'nun 17/4-b maddesinde belirtildiği üzere gerçek usulde vergiye tabi olmayan çiftçilerin (müstahsil makbuzuna istinaden) zirai teslimleri KDV'den istisna tutulmuştur. Gelir Vergisi Kanunu'na göre zirai kazançların gerçek usulde vergilendirilmesi kriterlerinden biri de işletme büyüklüğü ölçüleridir. Belli ürünlerin belirli dönümler üzerinde ziraatının yapılması gerçek usulde vergilendirmeyi gerektirmektedir. Dolayısıyla bu blok zincir ağı üzerinde ilgili çiftçinin hesap cüzdanı dikkate alınarak bu hesapta üretimi gerçekleştirilerek satışa konu olan zirai mal miktarlarından veya teslim tutarlarının hacminden hareketle, bu malların üretilmesi için gerekli arazi büyüklüğü ölçütleri hesaplanabilecek ve KDV mükellefiyeti tesisi için gerekli tespitler yapılabilecektir.

4.6.2. Blok zincir Teknolojisinin KDV İndirim Mekanizması Yönünden Değerlendirilmesi

Ülkemizde Katma Değer Vergisi'nin temel mantığı mal ve hizmet üretiminin ve nihai tüketiciye ulaştırılmasının her aşamasında ortaya çıkan katma değerin vergilendirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu vergilendirme sırasında mükellefler açısından mal ve hizmetleri satarken hesapladıkları veyahut borçlandıkları KDV'den, bunları alırken ödedikleri KDV'yi indirebilmektedir. Dolayısıyla belli dönemler itibarıyla mükelleflerin yaratmış olduğu katma değer, yüklenmiş oldukları katma değerden yüksekse ortaya ödenecek KDV çıkmaktadır. Bu kapsamda katma değer vergisinin indirilebilir olması mükellefler açısından önemli bir avantajdır. Bu avantajdan yararlanılabilmesi ise, 3065 sayılı kanunun 30. Maddesinde değinildiği üzere yüklenilen bu KDV tutarların *alış faturaları ile tevsik edilebilmesi* ve *kanuni defterlere kayıt edilmesi* şartına bağlanmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin KDV alanında uygulanmasına yönelik literatürde önerilen sistemlerin çoğunluğu, temelinde vergi idaresinin olduğu kapalı sistem bir blok zincir ağı üzerinde şekillenmektedir. Bunlardan bazılarında (J. Yang ve diğerleri, Alkhaodre ve diğerleri veyahut Nguyen ve diğerleri gibi) bir blok zincir ağında mükelleflerin faaliyet gösterebilmeleri veyahut mükellefiyet bilgilerinin girilmesi, akıllı sözleşmelerin kontrolü gibi hususlarda vergi otoriteleri yetkili kılınmaktadır. Bazılarında ise (Søgaard veya Frankowski ve diğerleri veya HLB Tayland uygulaması gibi) vergi otoritesinin rolü, ağ üzerinde gerçekleştirilen işlemler neticesinde sadece tahsilat veyahut ödenecek KDV olup olmadığının tespiti işlemleri üzerinde yoğunlaşmaktadır.

3065 sayılı KDV Kanunu açısından indirim mekanizmasının işletilmesi kanunun 34. Maddesinde belirtildiği üzere fatura ve benzeri vesikalar üzerinde ayrıca gösterilmek ve deftere kaydedilmek şartına bağlanmıştır. Esasen faturaların veya e-faturalar ile buna benzer belgelerin (serbest meslek makbuzu gibi) nevi ve zorunlu unsurlarına yönelik belirlenen standartlar çerçevesinde bu tür belgelerin standartlaştırılmış hallerinin sisteme entegre edilmiş KDV mükelleflerince bir blok zincir ağına eklenebilmesi bu eklemeler yapılırken de RSA asimetrik şifreleme algoritmaları gibi algoritmalar ve alıcının özel anahtarı ile şifrelenmesi mümkündür. Ağa yüklenen faturalarla birlikte işleme ilişkin (plaintext) bilgiler de girilebilmekte ve bir işleme ilişkin hem fatura bilgileri hem de işlem bilgileri hash koduna dönüştürülebilmektedir. Satıcıların girmiş olduğu bu fatura ve işlem bilgileri alıcıların özel anahtarları ile çözülerek fatura bilgileri (tıpkı günümüzde e-faturaların alıcı tarafça onaylanması gibi) onaylanabilmektedir. Sisteme yüklenen bu faturaların muhteviyatında ayrıca gösterilebilen KDV'ler de böylelikle 3065 sayılı Kanunun 34. Maddesinde belirtildiği hale (fatura üzerinde ayrıca gösterilme şartı) gelmektedir. Ancak literatürde rastlanan bazı önerilerde ise bir faturanın sisteme yüklendikten sonra akıllı sözleşme sayesinde fatura tutarından KDV'nin ayrıştırılması gibi örnekler de mevcuttur **(Biyan ve Carda, 2021, s. 107)**. Ancak bu uygulama 34. Maddeden ötürü KDV kanununun yapısına uygun bir uygulama değildir.

KDV tutarlarının ayrıca gösterildiği bu fatura ve benzeri vesikaların yasal defterlere kaydedilmesi şartına ilişkin olarak da blok zincir teknolojisinden faydalanılabilmektedir. Dai ve Vasarhelyi'nin önerdikleri üç taraflı kayıt sisteminde olduğu gibi KDV doğuran bir ticari işlemin muhasebeleştirilmesi halinde tıpkı bir Bitcoin cüzdanına benzetilen blok zincir hesaplarında alıcıların yüklenmiş olduğu ve e-fatura vb. vesikalarda gösterilen KDV, 191-İndirilecek KDV ana hesap kodu altında belli dönemler itibarıyla toplulaştırılabilmektedir. Bir başka örnek olarak ise bir blok zincir ağının belli bir blok numarasında kaydedilmiş olan bir işlem (transaction) bilgisi içinde yer alan KDV tutarları, mükelleflerin çift taraflı tutmuş oldukları e-defter sisteminde "enteryDetail" veri grubu içinde blok zincir kaydına ilişkin verilerin oluşturulabilmesine yönelik yazılımsal düzenlemeler ile her bir muhasebe işleminin bağlı olduğu blok numarası ile ilgili açıklamaların alt hesaplara işlenebilmesi mümkündür.

Bu minvalde blok zincir teknolojisi, 3065 sayılı KDV Kanunu'nun 30. Maddesinde belirtilen ve 34. Maddedeki şartları gözeten indirim mekanizmasının işletilmesine mümkün bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. KDV mükellefleri faturalarında göstermiş oldukları KDV tutarlarını söz konusu faturaları bir blok zincir ağında ve bir blok

altında kayıt ederek alıcı tarafın onayına sunabilmektedir. Alıcı tarafından onaylanan ve defterlere kaydedilen bu faturalar ise indirime konu edilebilmektedir. Bir dönem içinde indirime konu edilen KDV tutarları ve satışlar nedeniyle hesaplanan KDV tutarları akıllı sözleşmelerde yer alan yazılım komutları vasıtasıyla (örneğin Nguyen ve diğerlerinin önerdiği sistemde *requestForPVP* komutu gibi) toplulaştırılarak ilgili dönemdeki yüklenimlerin indirim mekanizması yolu ile telafisi yoluna gidilebilmektedir. Bu mekanizma sonucunda bir ödenecek KDV durumu ortaya çıkarsa, bu durumda da otomatik olarak bu tutarın vergi idaresi hesaplarına aktarılabilmesi mümkün olacaktır.

4.6.3. Blok zincir Teknolojisinin Vergi Kaçakçılığı Üzerindeki Etkisi

Katma Değer Vergisi sisteminin tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaratmış olduğu en önemli sorunlardan biri, mükelleflere tanınan indirim hakkının kötüye kullanılmasına yol açacak uygulamalardır. 213 sayılı Vergi Usul Kanun 359. Maddesi ile suç kapsamına alınan sahte ve muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge düzenlenmesi ve kullanılması durumu bunlardan biridir. Gerçekten de bazı mükelleflerin, bir vergi dönemi içinde mal satışları veya hizmet ifalarının, mal veya hizmet alışlarını aşması durumunda ortaya çıkan *ödenecek KDV yükümlülüğünden* kurtulmak amacıyla, indirim hesaplarını gerçekte olmayan veya olsa bile muhteviyatı itibarıyla gerçeğinden farklı olan bir mal veya hizmet alışına ilişkin faturalarla şişirdikleri sıkça görülmektedir. Katma Değer Vergisi bu yüzden vergi kaçakçılığı faaliyetinin en fazla görüldüğü vergi türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Vergi Denetim Kurulu'nun 2022 faaliyet raporunda da açıklandığı üzere incelemelerde en fazla tarhiyata konu olan (16.4 milyar TL) vergi türü KDV olup, bu denetimlerde kesilmesi gereken ceza tutarına (42 milyar TL) bakıldığında, tarhı önerilen vergilerin birçoğunun kaynağının 213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 359. Maddesine temas etmiş işlemlerden müteşekkil olduğu görülmektedir **(Vergi Denetim Kurulu, 2022, s. 46)**.

Blok zincir teknolojisinin KDV uygulamasında literatürde değinilen önemli konulardan biri de bu teknolojinin vergi kaçakçılığı ile mücadelede kullanılabilmesi potansiyelidir. İnternet üzerinden gerçekleşen bu merkeziyetsiz ağ yapısı ve doğrulama ve onaylama için gerekli uzlaşı mekanizmaları dolandırıcılığı önleyici bir yapı sunmaktadır. Zira klasik fatura mekanizmasında bir işlem içinde tarafların sunduğu bilgiler, mevcut işlem ile faturanın birbirinden ayrı mekanizmalar olarak ve eş zamanlı olmadan gerçekleşmesi nedeniyle güvenilmez ve gerçek olmayan durumları ihtiva edebilmektedir.

Bu sebeple sonradan düzenlenmiş bir geleneksel fatura, işlemle ilgili sınırlı bilgiyi ihtiva edebilmekte ve bu işlem gerçekleştikten sonraki nakit akışlarını dahi gösterememektedir. Ancak blok zincir teknolojisi bir işlem içindeki talepler ile nakit akışları arasında otomatik bir bağlantı ve kıyaslama imkânı sunmaktadır. Blok zincir e-faturaları işlem bilgisi, ödeme bilgisi, istihkak bilgisi ve işlemle ilgili diğer bilgileri de içerek şekilde kapsamlı bir veri setini sunabilmektedir. Dahası, blok zincir e-fatura modeli, fatura düzenleme, KDV indirimi ve vergi iadesi gibi tüm fatura sürecinin yönetilmesine ve faturaların vergi idaresince eş zamanlı olarak işlemler ile ilişkilendirilmesine imkân sağlayabilmektedir **(Xu ve Zhang, 2022b, 133–136**).

KDV sistemlerinin etkinliğini bozan ve mükellef olmadığı halde fatura düzenlenmesi veyahut gerçekte olmayan işlemlerle ilgili fatura düzenlenmesi olarak tanımlanabilecek *"fiktif faturalar"* şeklinde ortaya çıkan vergi kaçakçılığı faaliyeti, pek çok ülkenin KDV sisteminde mükelleflerin indirim KDV'lerini şişirmek ve ödenecek KDV'lerini azaltmak amacıyla kullanılabilmektedir. Blok zincir teknolojisi bu anlamda her bir düğümün e-faturaya konu olan *işlemin takibini* yapabilmesine olanak sağlamaktadır. Vergi idareleri de mükelleflerin vergi kimlik numaraları ile ilişkilendirilebilecek faturalarının validasyonunu yapabilecek ve vergi kimlik numaralarını da içeren hash fonksiyonları ile birbirine bağlanmış işlemlerin (transactions) gerçekliğini görebileceklerdir. Bu hash fonksiyonları, ağda kayda alınmamış bir işlem verisinin sahte fatura üretme amacıyla kullanımını imkânsız hale getirecektir. Dolayısıyla her bir e-fatura gerçekten de ağda kendine yer etmiş bir işlem ile ilişkilendirilebilecektir. Blok zincir tabanlı vergi kimlik numara sistemi sayesinde vergi otoriteleri vergilendirilebilir malların ilk olarak nereden geldiğini ve kimler tarafından satıldığını takip edebileceklerdir **(Setyowati, Utami, Saragih ve Hendrawan, 2020b, 13–17)**.

Bu kapsamda önerilebilecek blok zincir türü, literatürde pek çok örnekte yer aldığı üzere özel ve izne tabi (private-permissioned) blok zincir türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Sadece KDV mükelleflerinin ve bir otorite veya otorite grubunun (vergi idaresi, gümrük idaresi gibi) yer alabileceği özel bir ağda, onaylayıcı düğümlerin de belirlenmiş olduğu bir sistem, genel anlamıyla önerilen bir sistemdir. Gerçekten de bir alıcı ve satıcının gerçekleştirdiği KDV'ye tabi işlem, satıcının vergi kimlik numarası, işlem başlığı, işlem zamanı gibi unsurları da içeren veriyi hash fonksiyonuna sokmak suretiyle ortaya çıkan özet (hash) değerleri ile bir birine bağlanan blok oluşturma sürecinde, ağda yer alan vergi idaresi veyahut vergi idaresince yetkilendirilen onaylayıcı düğümler (örneğin güvenilir mükellefler) tarafından onaylanan işlemler bir blok içinde

veri haline gelmektedir. Oluşturulan her bir blok zaman damgasına haiz olup bir sıra silsilesi halinde takip edilebilmektedir. Böylelikle örneğin bir satış işlemine ilişkin e-fatura oluşturulacaksa, bununla ilişkilendirilecek işlem geçmişi de bloklar içinde izlenebilecektir. Dolayısıyla bir mükellefin düzenleyeceği e-faturanın içeriği işlemlerden tespit edilebilecek, bu mükellefin hesap cüzdanından hareketle mal alım-satım geçmişi görülebilecek ve dolayısıyla faturanın gerçekliği eş zamanlı olarak teyit edilebilecektir. Bu kapsamda KDV kanunu açısından haksız rekabete de yol açan sahte fatura kullanımının vergi idaresince takibi daha kolay hale gelecektir. En basit yöntemi ile bir mükellefin hesap cüzdanına bakarak *"bu mükellefin düzenlemiş olduğu faturada gösterdiği malları daha önceden alıp almadığının teyidi"* bile hareket geçmişinden tespit edilebilecektir.

4.6.4. Blok zincirin İhracat İstisnası Yönünden Değerlendirilmesi

3065 sayılı KDV Kanunu'nda 11. Madde ila 17. Maddeleri de kapsayan bölümde ve geçici maddeler içinde pek çok istisna türü yer almaktadır. Söz konusu istisnadan kasıt, mükelleflerin bu maddelerde yer alan mal veya hizmet teslimlerini yapmaları durumunda düzenleyecekleri faturalarda KDV hesaplamayacak olmalarıdır. Dolayısıyla bu maddelerde yer alan teslim ve hizmetler KDV'den istisna tutulmaktadır. KDV kanununda belirtilen istisnalar nedeniyle mükellefler vergi dairesinden iade talep edebilmektedir. 01.01.2021-31.12.2021 tarihleri arasındaki bir yıllık dönemde KDV yönünden iade talep eden mükellef sayısı 97.930 mükellef olarak gerçekleşmiştir **(GİB, 2021, s. 112)**. Bununla beraber KDV iadeleri arasında en büyük paya sahip olan iade türüne değinmek gerekirse, bu iade türü, kanunun 11/1-a maddesi kapsamındaki mal ihracatına dayalı KDV iade talepleridir. Söz konusu iade taleplerinde özellikle KDVİRA kontrol sistemi üzerinden vergi otoritesi mal ihracatına ilişkin Gümrük Çıkış Beyannamesi (GÇB) teyitlerini, GÇB ile birlikte KDV Beyannamesinin ve satış faturalarının uyumunu kontrol edebilmektedir **(GİB Uygulama ve Veri Yönetimi Daire Başkanlığı, 2022, s. 7)**.

KDV İadesi Risk Analiz Raporu (KDVİRA), GEK-Genel Esas Kontrol Segmentleri (74 adet) ve OEK-Özel Esas Kontrol Segmentleri (17 adet) olmak üzere iade talep eden mükelleflere yönelik 91 segment kontrolü yapan ve iade kontrol süreçlerini otomatik hale getirmeyi hedefleyerek insan hatasını minimuma indirmeyi amaçlayan bir sistemdir. Mal ihracatına ilişkin olarak iade taleplerinde, bu taleplerin kanuni süresi içinde yapılıp yapılmadığı **(GEK01-2)**, yüklenim fatura listesinde bildirilen faturaların en son ihracat

faturası tarihini geçip geçmediği **(GEK07)**, KDV beyannamesi ile Gümrük Çıkış Beyannamesinde (GÇB) yer alan ihracat tutarlarının kontrolü **(GEK12)**, Gümrük Müsteşarlığınca veri ambarına aktarılan GÇB ile mükellefin vergi dairesine bildirdiği gümrük çıkış listelerinin tutar kontrolü **(GEK15)**, GÇB ile ihracat satış faturalarının mal miktarı ve cinsleri yönünden içerik kontrolü **(GEK16),** ihracata yönelik e-faturaların GİB veri ambarında yer alıp almadığı ve varsa uyumlu olup olmadığı **(GEK17-2)** gibi segmentler yönünden kontrollerin otomatik olarak yapılmaktadır.

Bu kontroller yapılırken, ana dayanak noktalarından en önemlisi gümrük çıkış beyannameleridir. Zira KDV kanununun 12. Maddesi, bir teslimin ihracat teslimi sayılabilmesi için teslimin yurt dışındaki bir müşteriye yapılmasını ve teslim konusu malın Türkiye Cumhuriyeti gümrük bölgesinden çıkarak bir dış ülkeye gönderilmesini yeterli görmektedir. Bu kapsamda gümrük çıkış beyannameleri (kapanış ve fiili ihracat tarihleri) mal ihracatına ilişkin KDVİRA segmentlerinde en önemli husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilindiği üzere ihracat işlemleri gümrük beyannamesi üzerine gerçekleştirilen işlemlerdir. Gümrük Yönetmeliği'nin ***"Beyanın kontrolü"*** başlıklı 180. Maddesinde ise kontrol türleri **kırmızı hat** (eşyanın muayenesi ile birlikte belge kontrolünün de yapıldığı hat), **sarı hat** (muayeneye gerek görülmeksizin beyanname ve eklerinin doğruluğunun ve birbiriyle uygunluğunun kontrol edildiği hat), **mavi hat** (onaylanmış kişi statüsündeki kişilere mahsus ve eşyanın çıkış işlemlerinden önce belge kontrolü veya muayenenin yapılmadığı ancak çıkış işlemleri tamamlandıktan sonra belli bir dönem içinde kontrolün yapıldığı hat) ve **yeşil hat** (eşyanın belge kontrolüne veya muayeneye tutulmadığı hat) olmak üzere 4 türde sınıflandırılmıştır.

Bunlardan kırmızı hat kontrolü **fiziki muayene** olarak adlandırılan ve eşyanın ambalajı açılmaksızın yapılan *"harici muayene",* eşyadan örnek alınarak yapılan *"kısmi muayene"* ve eşyanın tamamının incelendiği *"tam muayene"* yöntemlerine göre gerçekleştirilir. Sarı hatta ise yalnızca eşyaya ait belgeler ve bu belgelerdeki bilgiler incelenir. Eşyanın kendisi üzerinde bir inceleme yapılmaz. Ancak kontrol sonucunda beyannamede yer alan bilgiler ile beyannameye ekli belgelerde yer alan bilgiler arasında ciddi farklılıklar bulunması durumunda gümrük idaresi eşyayı fiziki olarak muayene edebilir **(Ticaret Bakanlığı, 2022a)**. Diğer hatlarda ise fiziki muayene yapılmamaktadır. İhracat işlemlerinde 2022 yılsonu itibarıyla kırmızı hat oranı %2,3 seviyesinde gerçekleşirken, sarı hat oranı %51, mavi hat oranı %32,9, yeşil hat oranı ise %13,7 düzeyinde gerçekleşmiştir **(Ticaret Bakanlığı, 2022b, s. 119)**. Dolayısıyla ihracat

işlemlerinin çok büyük bir çoğunluğu belge üzerinde kontrollerin gerçekleştirildiği bir duruma işaret etmektedir.

İhracat işlemlerinde fiziki muayenenin sık uygulanan bir yöntem olmaması, KDV istisnasından yararlanmak isteyen mükellefler açısından iade talep edebilecekleri tutarları olması gerekenden fazla göstermek saikini ortaya çıkarmaktadır. Gümrük kaçakçılığının bir türü olan ihracat kaçakçılığında, ihracı gerçekleşmediği halde gerçekleşmiş gibi göstererek haksız kazanç elde edilmesi durumu ortaya çıkabilmektedir. Buna ilişkin 5607 sayılı Kaçakçılıkla Mücadele Kanunu'nun 3/9. Maddesinde, parasal iadelerden yararlanmak amacıyla ihracat gerçekleşmediği halde gerçekleşmiş gibi gösterilmesi ya da gerçekleşen ihracata konu malın cins, miktar, evsaf veya fiyatının değişik gösterilmesi suç unsuru olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla beyannamede kıymetli ürünmüş gibi görünen ancak gerçekte değeri olmayan malın ihracı (tekstil kırpıntılarının takım elbiseymiş gibi gösterilmesi), ürün fiyatlarının ve eşya miktarlarının gerçeğinden daha fazla gösterilerek fiilen ihracatı gerçekleşmeyen miktarların da yüklenime ve iadeye konu edilmesi, KDV oranı düşük işlenmemiş malları işlenmiş mallar gibi göstererek iade tutarının artırılması (%8 KDV'ye tabi ham ürünün işlenmiş halinin %18 KDV'li olması durumları) gibi örnekler hayali ihracata ilişkin örnekler olarak karşımıza çıkmaktadır **(Turğut, 2022, 27–29)**.

KDV iade uygulamaları açısından ihracattan kaynaklı iade talepleri, fiili ihracat gerçekleştirildikten sonra Gümrük Beyannamesi başta olmak üzere belgeler üzerinden yürütülmektedir. İade taleplerinin değerlendirilmesinde en önemli belge eşyanın fiilen gümrük bölgesi dışına çıkarıldığını gösteren gümrük beyannamesidir. Ancak yukarıda açıklanan sebepler nedeniyle (her ihracat beyannamesinde malların fiziki muayeneden geçmemesi) hayali ihracatın KDV iadesine temas ettiği durumlar yaşanabilmektedir. Gerçekten de örneğin önceden %8 KDV'ye tabi olup da Cumhurbaşkanlığı kararı ile KDV'si %1'e indirilen Gıda ürünlerinden ÖTV'ye tabi olanların KDV'si önceden olduğu gibi %8 olarak uygulanmaya devam edecektir. Bu kapsamda fiilen %100 meyve suyu sayılan ürünlerde ÖTV uygulanmamakta bu ürünler ambalajlanarak satılsa da KDV oranı %1 olarak uygulanmaktadır. Ancak fiilen ihraç edilen ürün bu olmasına rağmen, örneğin yeşil hattan fiziki muayene olmaksızın geçen bu ürün için beyannamede %8 KDV'ye tabi aromalı meyve suyu denilmesi halinde mükellefler hayali ihracat kapsamında işlem yapmış olmaktadır. Zira aslında %1 KDV ile yüklenilen ve ihraç edilen mal için %8 KDV ile yüklenilmiş gibi beyanname düzenlenmekte ve aradaki %7'lik KDV haksız iadeye

konu edilmektedir. Mallar fiziki muayeneye konu edilmediği için tüm KDV iade süreci belgeler üzerinden yürütülecek ve haksız iade işlemi tamamlanacaktır.

Blok zincir teknolojisinin bu sorunla ilgili getirebileceği çözüm önerileri mevcuttur. Literatürde özellikle Avrupa Birliği gibi üye ülkeler arasında belirli standartların geliştirildiği bir ***topluluk içi*** (intra community) ticari işlemlerde KDV'den kaynaklı haksız iadelerin önüne geçilmesinde blok zincir çözümleri tartışılmaktadır. Katma Değer Vergisi teorisinde esas olan varış ülkesi kuralı (destinasyon) ülkemizde de geçerli bir kural olarak 1984 yılındaki KDV Kanun Tasarısı metni içinde de yer almaktadır. İhraç konusu mal ve hizmetlerin istisna kapsamına alınarak yüklenilen KDV'lerin de indirim ve iade konusu yapılması sayesinde ihracata rekabet gücü kazandırılmakta ve uluslararası uygulamalarda mal ve hizmetin varış ülkesinde vergilendirilmesi ilkesi gerçekleşmiş olmaktadır **(TBMM, 1984, s. 7)**. Ülkemiz için geçerli olan bu durum, AB ülkelerinde de geçerlidir. Birlik içinde bir ülkedeki satıcı başka bir ülkeye mal ihraç ettiğinde satıcının işlemi vergiden istisna edilirken alıcının KDV yükümlülüğü bulunmaktadır. Satıcının KDV'den istisna edilmiş olan işlemi nedeniyle iade hakkı bulunmaktadır. Bununla birlikte, ihraç ettiği ülkedeki alıcının ise (varış ülkesi prensibinden hareketle) KDV yükümlülüğü doğmaktadır. Eğer ihracatı gerçekleştiren bu alıcının mukim olduğu ülkede bu yükümlülüğü yerine getirmemesi durumunda "kayıp tüccar dolandırıcılığı" (MTIC-Missing Trader Intra Community) olarak literatüre geçen dolandırıcılık türü ortaya çıkmaktadır **(Richard Thompson Ainsworth ve Shact, 2017, s. 8).**

Sorunun çözümü ile ilgili AB içinde getirilen kural hem alıcı (ithalatçı) hem de satıcı (ihracatçı) tarafından doldurulacak ve ilgili ülkelerdeki vergi dairelerine verilecek "*varış onay belgelerdir* (CoA- Confirmation of Arrival)". Alıcının ünvanı, adresi, malların miktarı, varış zamanı, irsaliye, konşimento gibi belgeleri içeren CoA formları, malların gönderilmek istenen destinasyona iletildiğini belgeleyen dokümanlardır. İhracatçı satıcıların ithalatçı alıcılardan talep ederek başladığı dokümantasyon süreci her iki kesimin de eş zamanlı olarak ne kadar malı ne kadar tutarla kime sattığı, kimden aldığı ve nereye gideceğinin her ülkenin ilgili vergi dairelerine bildirdiği dokümanlar olup söz konusu vergi daireleri arasındaki bilgi değişimi belli bir süreci gerektirdiğinden, bu husus firmaların vergi kaçakçılığı (MTIC) yapmalarını ve bir süre yakalanmamalarını sağlamaktadır **(Fatz ve diğerleri, 2019, 560–561).**

AB için yaşanan bu problem (kayıp tüccar dolandırıcılığı yolu ile ihracatçıların haksız iade talepleri) esasen ülkemiz açısından benzer problemleri ortaya çıkarmaktadır. Daha önceden de değinildiği üzere ülkemizde ihraç malının beyanname ile fiilen gümrük

bölgesi dışına çıkarılması KDV iadesine hak kazanılması açısından en önemli karine olup, iadeci mükelleflerden (CoA formları gibi) söz konusu malların miktar, muhteviyat ve tutar itibarıyla fiilen ihraç ülkesine gittiğine ilişkin ilave belgeler ve ispat yükümlülüğü istenilmemektedir. Dolayısıyla örneğin gümrük beyannamesinde normalde %18 KDV'ye tabi GTİP numaralı bir mal olduğu bildirilen ihracat işlemi, yeşil hattan muayenesiz geçtiği için esasen değersiz veya daha düşük KDV'ye tabi bir mal olma ihtimali bulunmaktadır. AB, söz konusu unsurun çözümünü alıcı ve satıcının ülkelerinde bulunan vergi dairelerinden eş zamanlı olarak onaylanan CoA (varış ülkesi onay) belgeleri ile çözebilse de vergi idareleri açısından bilgi değişimlerine ilişkin sürecin uzayabileceği için kaçakçılık suçlarını işleyenlerin takibi zorlaşmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin bu soruna getirmiş olduğu çözüm önerileri mevcuttur. Fatz ve diğerlerinin getirmiş olduğu varış ülkesi onayının ve buna ilişkin işlemlerin vergi idareleri ve firmaların olduğu kapalı bir blok zincir ağında bireysel bilgi sistemlerinin tek bir sisteme evirildiği, bir firmanın başlattığı varış onayı sürecinin karşı tarafça onaylanmasıyla ilgili dokümanların blok zincir ağına akıllı sözleşmeler ile yazıldığı ve klasik yöntemde görülen iki taraflı CoA dokümanları yerine bir defada çıkarılan ve ağdaki herkes tarafından görülebilen, değiştirilemeyen dokümanların geliştirilebilmesi mümkündür **(Fatz ve diğerleri, 2019, 561–563)**. Ainsworth ve diğerlerinin de dijital fatura gümrük değişimi (DICE-Digital Invoice Customs Exchange) olarak adlandırdığı blok zincir modelinde de mükellef bilgi havuzu olarak tanımlanan bilgilerin ve dijital faturaların gümrükler arasında gerçek zamanlı ve şifreli olarak değişimini esas alan ve her ürün veya hizmetin ilk kim tarafından sunulduğu, en son da kimin üzerinde kaldığı ve dolayısıyla KDV yükümlülük tarihçesini de gösteren bloklardan oluşan zincir sistemi üzerinde durulmaktadır **(Richard Thompson Ainsworth ve Shact, 2017, 15–16)**.

Söz konusu sistemin AB gibi belli kurallar ve standartları oturtmuş bir topluluk içinde uygulanması kolay olabilmektedir. Ancak ülkemiz gibi ihracatı çeşitli ülkelerle olan ülkeler açısından gümrükler arası veyahut vergi idareleri arası bilgi değişimi üzerinde şekillenecek bir blok zincir projesi için, en fazla ihracat yapılan ülkeler seçilerek oluşturulacak ***pilot projeler*** önerilmektedir. Bu pilot projeleri kapsayan ülkelerin gümrük ve vergi idareleri ve bu ülkelerin KDV mükellefleri arasında oluşturulacak kapalı ve izne tabi bir blok zincir ağı sayesinde, standartlaştırılmış vergi kimlik numaraları ve elektronik faturalar üzerinden şekillenecek bir iletişim ağı ile ihracatı gerçekleşen malların fiili varış yeri, varış zamanı, miktar ve tutar bilgilerinin eş zamanlı olarak bloklar halinde kaydedilmesi ve bu blokların ve işlemlerin vergi idarelerinin belirleyeceği uzlaşı

mekanizmaları ile onaylanabilmesi mümkün olabilmektedir. Örneğin ülkemizden bir başka ülkeye gerçekleştirilen ihracat işlemi ile ilgili olarak, her iki ülkenin vergi otoritesinin, gümrük idaresinin ve vergi mükelleflerinin kimlik numaraları ve açık anahtarlarının yer aldığı bir akıllı sözleşme üzerinden, işlem başlatmaya yetkili olacak mükelleflerin tespiti ve vergi otoritelerince uzlaşma mekanizmasının işleyeceği işlemlerin tespiti ilk etapta yapılabilecek ve bu sözleşmenin yazılımsal olarak onay verdiği işlemler üzerinden gümrük mutabakatı veya varış ülkesi onayı alınabilecektir **(Fatz ve diğerleri, 2019, s. 562)**.

İlk mekanizmayı geçen işlemlerden sonra ikinci bir mekanizma ise *gümrük mutabakat talebinin* başlatılacağı bir akıllı sözleşme olacak ve bu sözleşmede gümrük beyannamesi numarası, fatura bilgileri, ***satıcı tarafında***n açık anahtar ile alıcıya şifreli olarak bildirilecek ve mutabakat işlemleri başlatılacaktır. İhraç edilen mal bilgileri (malın nevi, miktarı, tutarı) alıcı tarafından onaylandıktan sonra gümrük ve vergi idarelerince belirlenecek uzlaşma mekanizmaları çerçevesinde valide edilecek ve blok zincir içinde zaman damgalı olarak bir blok içinde yer alacaktır. Böylelikle Türkiye'den ihraç edilen ürüne ilişkin KDV iade talebi, sadece Türk Gümrük İdaresi verilerine güvenerek sonuçlandırılmayacak, aynı zamanda ihraç edilen bu ürünün karşı tarafa ulaştığı ve karşı tarafta varış ülkesi prensibi gereği KDV ödendiğinin ilgili gümrük idaresi ve mükelleflerce teyidi ile birlikte sonuçlandırılabilecektir. Dolayısıyla bu husus hayali ihracat dolandırıcılığının ve haksız KDV iadelerinin önüne geçebilecek bir mekanizma olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.6.5. Blok zincirin Özel Esaslar Yönünden Değerlendirilmesi

KDV Genel Uygulama Tebliği'nin IV. E. bölümünde değinilen özel esaslar uygulaması esas itibarıyla bir vergi güvenlik müessesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu güvenlik müessesinin amacı Hazine'ye intikal etmemiş bir KDV'nin mükelleflere iadesinin önüne geçmektir. Mükelleflerin fiilen yüklenmedikleri ve indirim yolu ile gideremedikleri KDV tutarlarının iadesine yönelik indirim hesaplarına alınan sahte veya muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge kullanımının önlenerek katma değerden vergi alma işlevinin düzgün çalışmasının sağlanması ve genel olarak yolsuz iadenin ortadan kaldırılması bu güvenlik müessesinin amacıdır **(GİB, 2015)**.

Münhasıran sahte veya muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge düzenlemek amacıyla mükellefiyet tesis ettirenler (VUK 153/A), bu türden belgeleri düzenleme (iştirak edenler

dâhil) ve kullanma konusunda haklarında olumsuz rapor veya tespit bulunan mükellefler ile haklarında beyanname vermeme, defter ve belge ibraz etmeme ve adreste bulunmama tespiti bulunan mükelleflerin iade işlemleri özel esaslara tabidir. Bununla birlikte kendileri hakkında herhangi bir olumsuzluk bulunmasa dahi özel esaslara tabi bu tür mükelleflerden mal veya hizmet alanların iade işlemleri de özel esaslar çerçevesinde gerçekleştirilir. Özel esaslar uygulamasına tabi olan mükelleflerin iade talebi, talep edilen iade tutarlarının belli katları tutarında (örneğin sahte belge düzenleme raporu bulunanların iade talebi için 5 kat, muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge düzenleme raporu bulunanlar için 4 kat teminat karşılığında) teminat gösterilmesi veyahut vergi inceleme raporları sonucuna göre yerine getirilir. Bununla birlikte özel esaslara tabi tutulma süreci sınırsız bir süreyi kapsamamaktadır. Örneğin haklarında sahte belge düzenleme raporu bulunanların genel esaslara dönmesi başkaca bir olumsuzluk olmaması şartıyla takip eden vergilendirme döneminden itibaren 5 yıl geçtikten sonra düşer. Ancak özel esaslara girme sebebine göre değişen bu sürelerle sınırlı olmaksızın özel esasların yargı kararı ile terkini, sahte belge düzenleme veya kullanma ile ilgili raporlarda tarh edilen vergilerin ve cezaların faiziyle birlikte ödenmesi, vergi inceleme raporunun olumlu rapor olarak sonuçlanması, indirim hesaplarının ve beyannamelerin düzeltilmesi gibi hususlar neticesinde mükellefler genel esaslara dönebilmektedir.

Özel esaslar uygulamasında haklarında sahte veya muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge kullandığı yönünde tespit bulunan mükelleflerin iade taleplerinin yerine getirilmesi konusunda ilave olarak mükelleflere işlemlerini ispata yönelik bir açıklama fırsatı getirilmektedir. Bu tür mükelleflere idare tarafından yazılı olarak bildirilen 15 günlük süre içinde belgelerin gerçekliğini ve doğruluğunu ispat etmeleri için zaman tanınır. Bu süre içinde ispat yükümlülüğü kabul gören mükellefler veyahut kabul görmese de 15 gün içinde sahte veya muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge olarak tespit olunan belgelerin indirim ve iade hesabından çıkarmak suretiyle beyannamelerini düzelten mükellefler özel esaslardan çıkarılır. Bu uygulamada amaç bu tür mükelleflere söz konusu olumsuzluk hakkında idare tarafından haber verilmesi ve olumsuzluğun giderilebilmesi için fırsat verilmesidir. Bununla birlikte mükellefler tarafından kendiliğinden idareye verilen düzeltme beyannamesi veren mükellefler açısından Vergi Usul Kanunu'nun 344. Maddesine istinaden uygulanacak vergi zıyaı cezası %50 oranında uygulanır.

Sahte veya muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge kullanma yönünden bir başka husus ise tutarın bir takvim yılı içinde (2022 yılı için) 148.000,00-TL'yi aşmaması veya bu tutarı geçse bile ilgili yıldaki toplam mal ve hizmet alışlarının %5'ini aşmaması şartıyla bu

türden mükelleflere 213 sayılı Vergi Usul Kanunu'nun 370. Maddesi kapsamında izaha davet yazıları gönderilebilmesidir. Bu yazıların gönderilebilmesi için vergi incelemesine başlanmadan, takdir komisyonuna sevk edilmeden veyahut konu ile ilgili bir ihbarda bulunulmamış olması şartıyla önce idare tarafından verginin zıyaa uğradığına dair ön tespitler yapılmalı ve bu çerçevede mükellefler izaha davet edilmelidir. Davet yazısının tebliğinden itibaren 30 günlük süre içinde verilen izahat sonucu vergi zıyaına sebebiyet verilmediği anlaşılırsa mükellefler vergi incelemesine veya takdir komisyonuna sevk edilmez, özel esaslara alınmazlar. İzah yeterli bulunmazsa da hiç verilmemiş olan beyannamelerin verilmesi, eksik olanların tamamlanması ve ödeme süresi geçmiş vergi asıllarının zamlı olarak ödenmesi şartıyla vergi zıyaı cezası %20 oranında kesilir. Dolayısıyla izaha davet müessesinin uygulanması (sahte ve muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge düzenleme ön tespitlerinde 148.000,00-TL veya %5 sınırı şartı dâhilinde) mükelleflere vergi zıyaı cezasının indirimli olarak uygulanması avantajı sağlamakta ve mükellefler özel esaslara alınmamaktadır.

Dolayısıyla sahte veya muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge kullanımı yönünde tespit/ön tespit bulunan mükelleflere esasen idare tarafından haber verilmekte, belli bir süre zarfında mükelleflerden işlemlerin gerçekliğine yönelik izahat istenilmekte ve izahat veya ispat külfetini yerine getiren mükellefler vergi incelemesine /takdir komisyonlarına sevk edilmemektedir. İzahat veya ispat külfeti idare tarafından yeterli bulunmayan mükellefler ise ilgili kanun (370.) maddelerine veya tebliğ hükümlerine göre değişen oranlarda (%50 veya %20) vergi zıyaı cezalı olarak beyannamelerini düzeltmekte veya tamamlamaktadır. Bu kapsamda yapılan işlemlerin özü mükelleflerin bir vergisel işlemle ilgili işlem tarihlerinden çok sonraki sürelerde bilgilendirilmesi ve (indirimli de olsa) cezalı tarhiyatlarla muhatap edilmeleridir. Bu husus hazine gelirlerini korumaya yönelik vergi güvenlik müessesesi olarak karşımıza çıksa da bazı iyiniyetli mükellefleri zor duruma bırakan sonuçlar da doğurmaktadır.

Öncelikle bir mükellefin özel esaslara alınması ticari faaliyetlerinde bazı riskler doğurmaktadır. Özel esaslara alınan mükelleflerle ticari ilişkide bulunan (ortaklar, mal alışında bulunan özellikle iadeci mükellefler gibi) mükellefler bu tür mükelleflerle olan ticari ilişkilerini sınırlı seviyeye indirmek istemektedir. Benzer olarak örneğin izaha davet edilen ve izahatı yeterli bulunmadığı hasebiyle vergi incelemesine sevk edilen mükelleflerden mal veya hizmet alışında bulunan mükellefler de yapılan karşıt tespit incelemeleri nedeniyle zor durumda kalabilmekte ve hatta bu tür mükelleflerin banka hesaplarına 6183 sayılı Amme Alacaklarının Tahsil Usulü Kanunu'nun 9. Ve 13.

Maddelerine istinaden ihtiyati haciz konulabilmektedir. Bu tür olumsuz hususlar, bilmeden, ticari olarak gerekli özeni göstermeden ve en önemlisi bir kasıt unsuru olmadan sahte ve muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge kullanan mükellefleri daha da çok etkilemektedir.

Blok zincir teknolojisinin bu konuda bazı önemli avantajları bulunmaktadır. Zira bu teknoloji sayesinde bir ağa kayıtlı mükelleflerin hesap cüzdanlarından, mal hareketleri, ödeme bilgileri, taşıma bilgileri gibi özel esaslara tabi mükelleflerden istenen bir faturadaki mal hareketlerinin ispatına ilişkin bilgilerin takibi yapılabilmektedir. Bu kapsamda bir blok zincir kullanıcısı mükellefin ticari ilişkiye girmek istediği ancak ticari geçmişini bilmediği bir başka mükellefin durumunu, mal hareketine delalet eden işlem sayısı bilgilerini, ödeme konusundaki işlemlerini takip ederek bu mükellef hakkında önceden bir bilgi sahibi olması mümkün olabilmektedir. İlaveten yine bu blok zincir kullanıcısı mükellefin söz konusu mükellef ile ticari bir ilişki kurmadan önce blok zincir ağına yüklenmiş olumsuz tespit bilgisinin olup olmadığı sorgulayabileceği QR kodu veya bir başka yöntem ile oluşturulmuş bir güvenlik sistemi de oluşturulabilmektedir. Özellikle iadeci mükellefler açısından doğrudan mal ve hizmet temin ettikleri diğer mükelleflerin bu tür durumda olup olmadığının tespiti iade süreçlerinin hızlandırılması açısından önem arz etmektedir.

Bu çerçevede KDVİRA sistemindeki OEK14 segmentinde yapılan kontrollerde olduğu gibi, iadeci mükelleflerin doğrudan mal veya hizmet temin ettiği mükelleflerin sahte belge düzenleme raporu veya tespitinin kontrollerinin veya OEK15 segmentinde yapılan muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge düzenleme raporu veya tespitinin vergi dairelerince GİB veri ambarı üzerinden yapıldığı görülmektedir. Yapılan bu kontroller neticesinde iadeci mükellefler durumdan haberdar edilerek özel esaslara göre işlem yapılacağı kendilerine bildirilir ve genellikle de bunun neticesinde bu mükelleflerden alınan faturalar indirim hesaplarından ve vergi dairesine sunulan listelerden tenzil edilir. Belli bir süreci gerektiren ve iade işlemini geciktiren bu uygulamalar mükelleflerin iade alacaklarını da zamanında tahsil edemeyerek zararlarına yol açmaktadır.

Dolayısıyla vergi idaresi tarafından GİB veri ambarında işlemin gerçekleştirildiği dönemlerden çok daha sonra ve iade talebi üzerine yapılan OEK segmenti kontrollerinin yerine, işlemin tarafı olan iadeci mükellefin işlem anından önce blok zincir ağında yer alan bilgilerden hareketle doğrudan mal veya hizmet temin etmeyi planladığı mükelleflerin özel esaslar durumunu sorgulayabileceği ara yüzler tanımlanması hem iade sürecini hızlandıracak hem de sahte veya muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge kullanımının ve

hatta düzenlenmesinin önüne geçebilecektir. Söz konusu husus, iyi niyetli mükelleflerin kasıt unsuru olmaksızın indirim hesaplarına attıkları sahte veya muhteviyatı itibarıyla yanıltıcı belge niteliğindeki belgeler nedeniyle sonradan cezalı tarhiyatlara muhatap bırakılmalarının önünü de kesecektir.

4.7. Özel Tüketim Kanunu Açısından Blok zincir Teknolojisi

Ülkemizde 2002 yılında yürürlüğe giren 4760 sayılı Özel Tüketim Vergisi Kanunu ile birlikte, katma değer vergisinin yanı sıra ithalat, imalat veya ilk iktisap aşamasında tek aşamalı bir dolaylı vergi uygulamasına geçilmiştir. Bu verginin uygulaması, belli ve az sayıda mal grupları üzerinde şekillenmiş, gelir sağlama fonksiyonunun yanında enerji tasarrufundan taşımacılığa ve çevreye kadar geniş bir alanda tüketici tercihlerini etkileyebilmek amaçlanmıştır. Yasanın ortaya çıkmasıyla birlikte 16 adet vergi, harç, fon ve pay yürürlükten kaldırılarak dolaylı vergiler alanında ciddi bir basitleştirme yoluna gidilmiştir **(TBMM, 2002)**.

Seçilmiş bazı mal ve hizmetleri konu almasından dolayı selektif tüketim vergisi olarak da nitelendirilen özel tüketim vergisi, özelliği itibarıyla nihai aşamada tüketiciler üzerinde kalan ve genellikle mal veya hizmetlerin üretim ve satışı esnasında tek aşamada alınan bir vergi türüdür. Diğer dolaylı vergilere nazaran daha kolay uygulanması, talep esnekliği düşük olan mallarda hasılat potansiyelini artırması, matrahın spesifik olarak belirlenebilmesi ve kolay tespit edilmesi, vergi kaçırma imkânını sınırlaması ve negatif dışsallık yayan malların üretim ve tüketimini kısmak için kullanılabilmesi gibi avantajları ve genel anlamıyla kanun yapım sistematiğinde tahdidi olarak (tek tek sayılma suretiyle) yer alması özel tüketim vergisinin teorik özelliklerindendir. Ülkemiz açısından ise OECD ülke ortalamalarından farklılaşarak özel tüketim vergisinin toplam vergi hasılatı içindeki oranının daha yüksek seviyelerde olduğu ve hatta KDV hasılatına oldukça yaklaştığı görülmektedir **(Akkaya ve Aktuğ, 2021, 4–19)** .

Özel tüketim vergisine tabi mallar kanuna ekli 4 adet liste ile toplulaştırılmış olup, kanunun 1. Maddesinde (I) sayılı listedeki malların (akaryakıt ürünleri, madeni yağlar ve kimyasal bileşikler) ithalatçıları veya rafineriler dâhil imal edenleri tarafından teslimi ile müzayede yolu ile ilk satışı, (II) sayılı listedeki mallardan (motorlu kara, hava ve deniz taşıtları) kayıt ve tescile tabi olanların ilk iktisabı ile diğerlerinin ithalatı veya imal edenler tarafından teslimi, (III) sayılı listedeki (alkollü ve alkolsüz içecekler ile tütün ürünleri) mallar ile (IV) sayılı listedeki (havyardan, parfümlere, çamaşır ve bulaşık makinelerinden

telefonlara kadar çeşitli ürünler) malların ithalatı, imal edenler tarafından teslimi ile müzayede yolu ile ilk satışları verginin konusuna alınmıştır.

Beyan üzerine alınan Özel Tüketim Vergisi, belli bazı işlemler ve kişiler için istisnaları içeren bir yapıya sahiptir. Kanuna ekli listelerdeki malların ihracatı (Md.5), mütekabiliyet esasına dayalı olarak yabancı devletlerin diplomatik temsilcileri, konsolosluklarınca iktisabı veya bunlara teslimi (Md.6) ve liste bazında yer alan bazı malların kanun maddesinde sayılı kamu kurum ve kuruluşları ile il özel idare, belediye ve köylere teslimi, engellilere yönelik araç teslimleri (Md.7) gibi hususlar istisna kapsamına alınmıştır. Özel tüketim vergisinin teorik yapısı içinde yer alan tecil-terkin uygulaması (Md.8) ve indirim müessesi (Md.9) de kanun içine işlenmiş özellikli konulardandır. Blok zincir teknolojisinin ise bu özellikli konular açısından getirmiş olduğu bazı potansiyel avantajları bulunmaktadır.

4.7.1. Blok zincirin Tecil/Terkin Uygulaması Yönünden Değerlendirilmesi

4.7.1.1. Kanunun 8/1. Fıkrası Gereği Tecil Terkin Mekanizması

ÖTV Kanunu'nun 8. Maddesinin 1. Fıkrasında, Kanuna ekli (I) sayılı listenin (B) cetvelindeki malların (baz yağlar); (I) sayılı listeye dâhil olmayan malların imalinde kullanılmak üzere mükellefler tarafından tesliminde tarh ve tahakkuk ettirilen özel tüketim vergisinin Cumhurbaşkanı tarafından belirlenecek kısmının teminat alınmak üzere tecil olunacağı, söz konusu malların tecil tarihini takip eden aybaşından itibaren 12 ay içinde imalatta kullanılması halinde tecil olunan bu verginin terkin edileceği belirtilmiştir. Ancak 2012/3792 sayılı Bakanlar Kurulu Kararının 4. ve 5. Maddeleri ile 09.01.2012 tarihinden itibaren, 8/1 madde kapsamında tarh ve tahakkuk edilen verginin Cumhurbaşkanınca (kanunun eski halinde Bakanlar Kurulu Kararınca) tecil edilecek kısmı %0 olarak belirlenmiş ve eskiden beri uygulanmakta olan iki Bakanlar Kurulu Kararı yürürlükten kaldırılmıştır. Dolayısıyla söz konusu fıkranın uygulanma alanı ortadan kalkmıştır, tecil-terkin mekanizması iade yöntemini içeren bir mekanizmaya dönüşmüştür **(Uyar, 2014, s. 76).**

İlaveten, kanunun 8/3. Fıkrası gereğince (III) sayılı listede yer alan mallara ait vergiyi teminat almak suretiyle bu malların tüketiciye teslimine kadar tecil ettirmeye ilişkin Bakanlar Kurulu'na tanınan yetki günümüze kadar kullanılmamıştır **(Erkan, 2009, s. 2)**. Dolayısıyla tecil ve terkin müessesi günümüzde sadece 8/2. Fıkra gereğince ihraç

edilmek üzere ihracatçılara teslim edilen mallara ilişkin özel tüketim vergisi açısından uygulanmaktadır.

4.7.1.2. Kanunun 8/2. Fıkrası Gereği Tecil Terkin Mekanizması

ÖTV Kanunu'nun 8. Maddesinin 2. Fıkrasında, ihraç edilmek şartıyla ihracatçılara teslim edilen mallara ait özel tüketim vergisinin, mükelleflerce ihracatçı taraftan tahsil edilmemesi şartıyla ve malları teslim eden mükelleflerin talebiyle vergi dairesince tarh ve tahakkuk ettirilerek tecil olunacağı düzenlenmiştir. Söz konusu malların ihracatçılara teslim tarihini takip eden aybaşından itibaren 3 ay içinde ihraç edilmesi halinde tecil edilen verginin terkin olunacağı açıklanmıştır. İhraç kayıtlı teslim olarak bilinen söz konusu uygulamada ÖTV mükelleflerinin ihracatçılara teslim ettiği malların herhangi bir nevi değişikliği olmadan veya işleme tabi tutulmadan olduğu gibi yurt dışı edilmesi gerekmektedir. ÖTV mükellefleri tarafından ihracatçılara düzenlenecek faturada mal bedeli üzerinden hesaplanan ÖTV ayrıca fatura üzerinde gösterilir ve yine fatura üzerinde ihraç edilmek üzere teslim edildiğine ve ÖTV tahsil edilmediğine ilişkin şerh yazılır **(Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2002b, s. 29)**.

İhraç kayıtlı teslimlerden kaynaklı tecil-terkin uygulamasında, ÖTV mükelleflerince ihracatçılara teslim edilen malların tesliminde hesaplanan ÖTV'nin ihracatçıdan tahsil edilmemesi gerekmektedir. Bu hususta Blok zincir teknolojisi yardımıyla, mükelleflere ait hesap cüzdanları üzerinden bir e-fatura ile ilişkilendirilebilecek ödemelerin toplam tutarları, bu ödemeler içinde malın ÖTV tutarlarının bulunup bulunmadığı anlaşılabilmektedir. Bir diğer şart ise ihracatçılara teslim edilen malların teslim tarihini takip eden aybaşından itibaren 3 ay içinde gümrük bölgesinden yurt dışına çıkarılmasıdır. Yurt dışı edilecek malların, ihracatçılara teslim edilen mallar olması ve bu malların herhangi bir değişikliğe uğramamış olması da gerekmektedir.

KDV'ye yönelik ihracat istisnası bölümünde değinildiği üzere ülkemizde ihracat işlemlerinin büyük bir bölümü fiziki muayene olmaksızın evrak üzerinde gerçekleştirilen incelemelerle meydana gelmektedir. Dolayısıyla ihracatçılara teslim edilen ve ÖTV hesaplanarak tecil edilen mallar ile fiilen sınır dışı edilen mallar arasında oluşabilecek nitelik değişikliği nedeniyle hazinenin olası vergi kayıpları potansiyel olarak mümkün olabilecektir. Bu nedenle Fatz ve diğerlerinin getirmiş olduğu varış ülkesi onaylarının blok zincir ağında yapılabilmesi, Ainsworth ve diğerlerinin sunmuş olduğu gümrükler arası dijital fatura değişim önerileri gibi ilgili gümrük ve vergi otoritelerinin de

entegrasyonunun sağlanabileceği blok zincir platformlarının oluşturulması yolu ile gümrük mutabakatlarının sağlanabilmesi mümkündür.

4.7.2. Blok zincirin İndirim/İade Uygulaması Yönünden Değerlendirilmesi

4.7.2.1. Kanunun 9. Maddesi Kapsamında İndirim Müessesi

Özel Tüketim Vergisi Kanunu'nun 9. Maddesinde belirtildiği üzere vergiye tabi malların yer aldığı listedeki başka bir malın imalinde kullanılması halinde ödenen vergi, Maliye Bakanlığınca belirlenen esaslara göre ödenecek vergiden indirilir. ÖTV mükelleflerinden vergisi ödenerek alınan bir malın aynı listedeki bir başka malın imalinde kullanılması durumunda, mükelleflerin ödemiş olduğu ÖTV tutarları ortaya çıkarılan yeni ürüne isabet eden ÖTV tutarlarından indirilerek, ÖTV'nin her mal için bir kez uygulanması amaçlanmaktadır **(Akdağ, 2015, s. 245)**. KDV kanununda olduğu gibi ÖTV kanununda da indirim mekanizması bulunmaktadır. Ancak ÖTV kanunundaki indirim mekanizması KDV kanununda belirtilen indirim mekanizmasından daha dar kapsamlı olup sadece aynı listede bulunan mallarla sınırlandırılmıştır. İlaveten KDV kanununda görülen indirim yolu ile telafi edilemeyen verginin sonraki döneme devretmesi uygulaması ÖTV kanununda yer almamaktadır. Dolayısıyla ödenen ÖTV'nin tamamı yeni mal için hesaplanan ÖTV'den indirilemezse, kalan tutar devrolmaz ve iade edilmez ancak gider veya maliyet unsuru yapılarak telafi edilebilir.

9. maddede belirtilen indirim hakkının kullanılabilmesi açısından birtakım şartlar söz konusudur. Öncelikle bu hak imalatçı mükelleflere tanınan bir haktır. İmalatta kullanılacak ÖTV'ye tabi malların doğrudan ÖTV mükelleflerinden satın alınmış olması gerekmektedir. İmal edilen bu türden malların tesliminde veya diğer mükelleflerce ilk iktisabında, imalatçı mükellefler tarafından ÖTV hesaplanması gerekmektedir. ÖTV ödenerek alınan mal ile imal edilen malların aynı listede yer alması gerekmektedir. Son olarak indirim, düzenlenecek fatura veya benzeri vesikalarda ayrıca gösterilmiş olan ÖTV tutarlarına dayanmalı ve bu tutarlar (yani indirilebilecek ÖTV) imalatçı mükellefler tarafından malı satan tarafa ödenmiş olmalıdır. İndirilecek ÖTV tutarları ise, imalatta kullanılacak malın iktisabında ödenmiş olan ÖTV'nin tamamı değil, imalatta kullanılan kısmına isabet eden tutarı ile sınırlandırılmıştır **(Erkan, 2010, 24–26).**

Blok zincir teknolojisinin 9. Madde kapsamındaki ÖTV indirim mekanizmasına ilişkin potansiyel avantajları bulunmaktadır. Öncelikle vergi idaresinin kontrolünde olan

kapalı bir blok zincir ağında, indirim hakkını kullanmak isteyen mükelleflerin vergi dairesi kayıtlarında yer alan ve Nace kodları esas alınarak oluşturulmuş faaliyet kodlarından hareketle, ağa tanımlanmış imalatçı bir mükellef olup olmadığı tespit edilebilmektedir. İmalatta kullanılacak malın blok zincir ağındaki kaydı ilgili blok numarasından görülebilmekte, blokta yer alan fatura bilgilerinden de, malın cinsinden hareketle GTİP numarası, hesaplanan ÖTV tutarı, faturayı düzenleyenin vergi kimlik numarasından hareketle ÖTV mükellefiyeti olup olmadığı, ödeme durumu, ödeme daha sonra yapılmışsa ilgili blok kaydı gibi hususlar tespit edilebilmektedir. Bununla birlikte imalatçı mükelleflerin indirime konu ettikleri malların üretiminde kullandıkları ve ÖTV ödeyerek satın aldıkları hammaddelerin ağdaki blok kayıt numaralarının ilgili işleme yönelik yevmiye defter kayıtlarında yer alabilmesi mümkündür. Aynı şekilde ürettikleri malın teslimine ilişkin düzenleyecekleri faturaların açıklama dip notunda ve satış yevmiye kayıtlarında da bu şekilde belirlenmiş blok numaraları açıklayıcı bir unsur olarak yer alabilecektir. Böylelikle, ÖTV ödenerek alınan hammaddenin blok zincir içindeki varlığının yanında, bu hammadde ile imal edilen malın da kayıt altına alındığı bir başka blokta varlığının görülebilmesi, iki malın aynı listede yer alan mallardan olup olmadığının teyidi mümkün olabilmektedir.

Blok zincir teknolojisinin bu alanda bir başka avantajı da, indirime konu edilebilecek ÖTV tutarlarının akıllı sözleşmeler ile hesaplanabilmesi potansiyelidir. 9. Madde kapsamındaki indirim mekanizması, ÖTV ödenerek alınan hammaddenin imalatta kullanılan kısmına isabet eden tutarın indirimine izin vermektedir. Bu kapsamda örneğin bir imalatçı mükellefin (I) sayılı listede yer alan ve aynı ÖTV tutarına sahip 100 Kg baz yağ ve 100 Kg müstahzar katkı malzemesini toplam 5.000-TL ÖTV ödeyerek satın aldığı ve bunları kullanarak ürettiği aynı listedeki 160 Kg madeni yağ için toplam 4.500-TL ÖTV hesapladığı bir durumda, hesaplanan 4.500-TL ÖTV'den, hammadde alışında ödediği 5.000-TL'nin tamamı değil, üretimde kullanılan kısma isabet eden 4.000-TL [(160/200)*5.000-TL)] tutarındaki kısmı indirime konu edilebilecektir. Bu kapsamda yer alan hesaplamaların akıllı sözleşmeler ile yapılabilmesi mümkün bulunmaktadır.

4.7.2.2. İndirimli Vergi Uygulamaları ve İade Müessesi

Özel Tüketim Vergisi Kanunu'nun 12. Maddesinin (2) numaralı fıkrasının (a) bendi, Cumhurbaşkanı'na (maddenin eski halinde Bakanlar Kurulu'na) ÖTV'ye tabi mallar için uygulanan maktu vergi tutarları, oranları ve matrahların alt ve üst sınırlarını artırmaya,

sıfıra kadar indirmeye yetki tanımıştır. Bu yetki (I) sayılı listenin (A) ve (B) cetvelindeki mallar için uygulanmış ve literatürde indirimli vergi uygulamaları adıyla yer edinmiştir.

Bu uygulamalardan biri deniz araçlarına yapılan akaryakıt teslimlerinde sıfır ÖTV uygulamasıdır. Türk Gemi Siciline veya Milli Gemi Siciline ve Deniz Ticaret Odasına kayıtlı, kabotaj hattında çalışan yük ve yolcu gemileri, balıkçı gemileri, ticari yatlar ve 2003/5868 sayılı kararname uygulamasında tanımlanan hizmet gemilerine, Deniz Ticaret Odalarınca onaylı "yakıt alım defterine" işlenmek üzere gerçekleştirilen akaryakıt teslimlerinde, her yıl yenilenme zorunluluğu bulunan dağıtım izin belgesine sahip dağıtıcılar tarafından sıfır ÖTV uygulanır. Dağıtıcılar tarafından düzenlenecek faturalarda ise tahsil etmedikleri ÖTV tutarları ile yakıt alım defteri numaralarının gösterilmesi zorunludur. Uygulamamın genel çerçevesinde dağıtıcıların rafinerilerden ÖTV ödeyerek satın aldıkları akaryakıtın daha sonra ÖTV hesaplanmadan teslimi söz konusu olup bu husus dağıtıcı firmalar üzerinde bir ÖTV yükü doğmasına sebep olmaktadır. Bu yükün bertaraf edilmesi amacıyla da dağıtıcıların teslim bedeline dâhil etmedikleri ÖTV tutarları, rafinericilerden daha sonra aldıkları akaryakıt için hesaplanacak ÖTV'den mahsup edilir **(Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2002b, 34–47)**.

Ancak uygulama kapsamında vergi dairelerine yakıt alım defterinde belirlenen marjlardan daha yüksek miktarlarda akaryakıt teslim edilip edilmediği, teslim edilen akaryakıtın gemi hareket jurnallerine işlenip işlenmediği ve bu akaryakıtın ilgili deniz taşıtlarının haricinde bir başka deniz taşıtında kullanılıp kullanılmadığı gibi hususlarda bazı araştırmalar yapmak zorunluluğu getirmektedir. Vergi dairelerince mahsup talepleri üzerine dağıtıcılar tarafından gönderilen bilgiler ile ÖTVBS (ÖTV'siz Yakıt Bilgi Sistemi) bilgileri karşılaştırılıp teyit edilmekte ve bu teyit işleminden sonra da talep edilen mahsup tutarının ve deniz yakıtı teslim edilen kullanıcıların %5'ine kadarlık kısmına yoklama yapılır veya yaptırılır. Yoklamalarda deniz aracına bizzat gidilmek suretiyle mükellefiyet bilgileri, yakıt alım defterinde yer alan teslim bilgileri ve gemi jurnali/hareket kayıt jurnalinde yer alan bilgiler ayrıntılı olarak tespit edilir **(Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2002b, 40–41)**. Dolayısıyla ÖTV'siz yakıt teslimlerinde idare tarafından yapılacak işlemlerin de bazı külfetleri bulunmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin deniz araçlarına ÖTV'siz akaryakıt teslimlerinden kaynaklanan iade taleplerinin değerlendirilmesine yönelik bazı avantajları bulunmaktadır. Narayanam ve diğerleri tarafından ele alınan *"Uluslararası Ticaret İçin Blok zincir Tabanlı E-Fatura Platformu (Blockchain Based e-Invoicing Platform for Global Trade)"* başlıklı makalede değindikleri ve TradeLens üzerinden elde edilen gerçek zamanlı gemi

taşımacılık seyr-ü sefer verilerinin olay işlemcisine (event processor) e-fatura oluşturmak üzere aktarılması gibi konuya yönelik mevcut öneriler bulunmaktadır. Ülkemizde, deniz araçlarına ÖTV'siz akaryakıt teslimlerine ilişkin olarak liman başkanlıklarınca yayımlanmış ortak uygulama talimatları bulunmaktadır. ÖTV'siz yakıt teslimlerinde ÖTVBS sistemi ile uyumlu tekne takip modüllerinin (TTM), bu akaryakıtları alan deniz araçlarında donatılması zorunlu tutulmuştur. Bu cihazlar, limanda, seyirde veya demirde (sadece balıkçı teknelerinin çalışmadığı dönemler hariç) 7/24 açık tutulmak zorundadır. TTM yolu ile elde edilen takip verileri kontrol ve denetim, yakıt alım defterine bloke konulması/kaldırılması, bu defterin düzenlenmesi, yakıt limitlerinin değerlendirilmesi ve benzeri amaçlarla ÖTVBS sistemi ile de kullanılabilmektedir. Yakıt alımı ve liman çıkış işlemlerinden önce geminin konumu ve çalışma bilgileri ÖTVBS'den kontrol edilebilmektedir **(Deniz Ticaret Odası, 2020)**.

Tıpkı TradeLens sisteminde olduğu gibi, ÖTV'siz yakıt alımına ilişkin TTM takip modülü üzerinden deniz araçlarının konum, sefer ve kat ettikleri mesafe bilgileri gibi bilgilerin bir blok zincir ağına eklenebilmesi mümkün bulunmaktadır. Böylelikle örneğin yakıt alım defteri sahibi bir mükellefin vergi kimlik numarasından hareketle bu mükellefe bir dağıtıcı tarafından teslim edilen akaryakıtın, yakıt alım defteri limitleri ile uygunluğu ve bu yakıtı alan deniz taşıtının fatura tarihinden sonraki TTM takip verileri birlikte değerlendirilebilmekte ve ağ üzerinde tanımlanmış onaylayıcı düğümlerin onayladığı fatura işlemlerine konu ÖTV'siz yakıt teslimlerinin gerçek durumunun takip edilebilme potansiyeli bulunmaktadır. Böylelikle vergi dairesince %5 oranında yoklama yükümlülüğünün de sistemsel olarak ortadan kaldırılabilme avantajına ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda ÖTV'siz yakıt teslimlerinde iade talep edilen tutarlara ilişkin idare tarafından yapılacak denetimler daha etkin ve süresinde yerine getirilebilecektir.

Bir başka indirimli ÖTV uygulaması ise, tarım ürünlerinden harmanlama yolu ile elde edilen yakıtlarda uygulanacak ÖTV tutarının karışım oranında azaltılması uygulamasıdır. 2005/8704 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile **kurşunsuz benzin** (2710.12.45.00.11 ve 13 numaralı fasıllardaki 95 Oktan ve 95 Oktan E10 ile 2710.12.49.00.11 ve 12 numaralı fasıllardaki 98 Oktan ve 98 Oktan E10 türleri) olarak tanımlanan benzin türlerine, tarım ürünlerinden elde edilen ve ***yakıt biyoetanolü*** olarak tanımlanan **etil alkolün** (2207.20.00.10.13- Dökme Etil Alkol ve 2207.20.00.10.14- Ambalajlı Etil Alkol) karıştırılması durumunda, ilk baştaki kurşunsuz benzin için belirlenen ÖTV tutarlarının, yeni karışımdaki biyoetanol miktarının tüm karışım miktarına oranı kadar eksik uygulanacağı açıklanmıştır.

Elde edilen bu ürüne biyoetanollü benzin (karışım) tanımlaması yapılmış ve bu ürünlerin tesliminin yalnızca biyoetanol harmanlama izin belgesini haiz harmanlayıcılar tarafından teslim edilebileceği açıklanmıştır. Yeni karışıma (biyoetanollü benzinin) uygulanacak ÖTV tutarı (KV), ilk baştaki biyoetanolsüz benzin için ödenen ÖTV tutarının (BV), karışıma eklenen biyoetanol oranında (Y) azaltılması yolu ile hesaplanacaktır. Kararname gereğince, karışım sonucunda benzin miktarının yeni karışım miktarındaki oranı en az %98 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla indirim uygulanacak ÖTV, kurşunsuz benzin alımında ödenen ÖTV'nin en fazla %98 oranı ile sınırlanmıştır. Bu minvalde teslim edilen karışımda kullanılan benzine ödenen ÖTV tutarı, yeni karışıma uygulanacak ÖTV tutarından ÖTV kanununun 9. Maddesi kapsamında indirilebilecektir.

Blok zincir teknolojisinin biyoetanollü yakıt teslimlerine ilişkin vergi indirimi müessesi yönünden bazı uygulama avantajları bulunmaktadır. Öncelikle harmanlayıcıların üretilmiş oldukları biyoetanollü yakıtların kaynağı olan kurşunsuz benzin alış faturalarının ve alış işlemlerinin geçmişe dönük takibi bir blok zincir ağı üzerinde değişmez bir biçimde yer aldığından bunların takibi yapılabilmektedir. Benzin alış faturalarında ayrıca gösterilen ÖTV'nin ödenip ödenmediği şartı da blok zincirde yer alan kayıtlardan tespit edilebilecektir. ÖTV beyannamesi üzerinde 9. Madde ve kapsamında yapılacak vergi indirimine esas olan hesaplama işlemleri de akıllı sözleşmeler sayesinde otomatik olarak hesaplanarak kontrol edilebilecek ve karışımın en az %98 oranında benzin ihtiva etmesi şartının sağlanıp sağlanmadığı ve bu çerçevede indirim tutarının hesaplanıp hesaplanmadığı teyit edilebilecektir. Böylece bir vergilendirme döneminde harmanlayıcıların blok zincir kayıtları üzerinde tespit edilecek benzin alış miktarları ile karışım satış miktarlarının karşılaştırılması daha kolay yapılabilecektir.

Biyoetanollü (benzin) yakıt teslimlerine ilişkin indirim uygulamasının bir benzeri de 2013/5595 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe konulan oto biodizel ile harmanlanmış motorin teslimlerinde indirim ve iade uygulamasıdır. Bu uygulamanın biyoetanollü benzin teslimi uygulamasından farkı, ÖTV Kanunu 9. Madde kapsamında indirime konu edilebilmesinin yanında indirilemeyen tutarların iade talep edilebilmesidir. Otobiodizel ile harmanlanmış motorin teslimlerinde, Türkiye'de toplanan kullanılmış kızartmalık bitkisel yağlar ile kullanım süresi geçmiş bitkisel yağlardan elde edilen ve biodizel olarak tanımlanan mallarla harmanlanması sonucu ortaya çıkan karışımın daha düşük bir ÖTV'ye tabi olması söz konusudur. Tıpkı biyoetanollü (benzin) yakıt teslimlerinde olduğu gibi bu uygulamada da elde edilecek karışımın en az %98 oranında motorin ihtiva etmesi ve indirim uygulanacak ÖTV'nin, motorin alımında ödenen

ÖTV'nin en fazla %98 oranı ile sınırlandırılması söz konusudur. Ancak farklı olarak, indirimden sonra telafi edilemeyen bir ÖTV tutarı varsa, bu tutar talep üzerine harmanlayıcı mükelleflere iade edilebilmektedir. İlaveten bitkisel atık yağların depolandığı tanklar ile bunlardan üretilen oto biodizelin depolandığı tanklara giriş çıkış miktarlarını gösteren bir elektronik takip sisteminin kurulması ve verilerin elektronik ortamda Gelir İdaresi Başkanlığı'na aktarılması gerekmektedir **(Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2002b, s. 57)**.

Biyoetanollü (benzin) yakıt teslimleri kısmında değinilen blok zincir teknolojisinin avantajları, oto biodizelle harmanlanmış motorin teslimleri için de geçerlidir. Mahsuben iade taleplerinde aranan alış faturaları ve bu faturalardaki ÖTV'nin ödenmesi, harmanlanan motorin ve biodizel miktarlarına ilişkin stok bilgileri, harmanlanan malların alış ve imalatta kullanım tarihleri ve miktarları ve satış faturaları blok zincir ağı üzerinde yer alan bilgilerden temin edilebilecektir. Zira özellikle elektronik takip sistem verilerinin bir blok zincir ağında yer alabilmesi, mahsuben iade taleplerinde vergi dairelerinin kontrolünü, nakden iade taleplerinde ise vergi inceleme elemanlarının rapor gereksinimlerini ortadan kaldırabilecek avantajlar sunmaktadır. Böylelikle iade talepleri blok zincir sayesinde daha hızlı ve etkin bir otomatik kontrol mekanizmasından geçebilecektir.

Bir başka ÖTV iade uygulaması ise, 2014/6881 sayılı Bakanlar Kurulu Kararına istinaden getirilen Aerosol Üretiminde Kullanılmış LPG Teslimleri için üreticilere tanınan iade hakkıdır. Söz konusu karara göre LPG dağıtım izin belgesini haiz dağıtıcılar tarafından LPG satın alma izin belgesini haiz aerosol üreticilerine teslim edilen 2711.19.00.00.11 GTİP numaralı sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) teslimlerinde hesaplanarak üreticilerden tahsil edilen ve dağıtıcılar (veya rafineriler) tarafından Hazine'ye intikal ettirilen ÖTV tutarları, satın alma (veya üreticiler tarafından ithalat) tarihini takip eden aybaşından itibaren 12 ay içinde aeresol üretiminde kullanılmış olduğunun tespit edilmesi ve talep edilmesi üzerine üreticilere iade edilir **(Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2002b, 64–65)**.

Günümüzde, deodorantlar, tıraş kremleri, sprey boyalar, cam temizleyiciler, parfümler, böcek ilaçları gibi pek çok üründe kullanılan aeresol, kapalı kaplar içinde bulunan ve itici gaz marifetiyle basınç altında tutulan sıvılaştırılmış püskürtmeli gazlı ürünleri ifade etmektedir. LPG ise, aeresol üretiminde itici gaz olarak kullanılmaktadır **(Akdağ, 2015, s. 200)**. İade uygulamasının getiriliş amacı, aeresol üreticilerinin üretimde kullanmış oldukları LPG hammaddesi için ödemiş oldukları (veyahut rafinelerin ödemiş

oldukları ve ürün maliyetine yansıttıkları) ÖTV tutarlarının bu üreticiler üzerinde yük kalmaması ve ÖTV'nin bir defada ve tek bir nihai ürün üzerinden alınması prensibine dayanmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin bu iade türü için sunmuş olduğu avantajlar bulunmaktadır. Öncelikle bir blok zincir ağında aeresol üreticilerinin LPG alışlarına ilişkin faturaların yer alması, bu faturalarda yer alan ÖTV'lerin dağıtıcılara ödenmiş olmasının takibi yapılabilmektedir. İlaveten, üreticiler tarafından söz konusu LPG'lerin üretimde kullanılması neticesinde ortaya çıkan aeresol ürünlerinin satışına ilişkin faturaların da sistem içinde izlenebilmesi mümkündür. Dolayısıyla söz konusu üreticilerin iade taleplerinde, onaylayıcı düğümler tarafından ağ üzerinde onaylanan LPG alış faturalarına ilişkin blok kayıtları ve aeresol satışlarına ilişkin blok kayıtlarının iade talep dilekçelerine eklenmesi mümkündür. Ayrıca idarece talep edilen ekspertiz raporlarındaki üretim şemasından hareketle akıllı sözleşmeler vasıtasıyla aeresol üretiminde kullanılabilecek LPG miktarları ve iadesi talep edilebilecek tutarların hesaplanabilmesi de mümkündür.

ÖTV Kanunu'nun 12nci maddesinin (4) numaralı fıkrasında Maliye Bakanlığına verilen yetki çerçevesinde vergi farklılaştırması ve alıcılara iadesi öngörülen uygulamalardan biri de (I) sayılı Listenin (B) cetvelindeki mallar için indirimli vergi uygulamalarıdır. 2012/3792 sayılı Bakanlar Kurulu Kararına istinaden (I) sayılı listenin (B) cetvelindeki malların sanayi sicil belgesini haiz imalatçılar tarafından satın alma veya (ÖTV'ye tabi olmayan malların imalatında) ithalat tarihini takip aybaşından itibaren 12 ay içinde **bu listeye dâhil olmayan malların imalinde** kullanılması durumunda, imalatçıların bu mallar için ***daha önce ödedikleri vergi tutarları*** ile söz konusu kararname eki Kararın 1 inci maddesinde belirlenen ***oranlara göre hesaplanan vergi tutarları*** arasındaki fark iade edilebilecektir.

Benzer şekilde, 2012/3792 sayılı Bakanlar Kurulu Kararına istinaden (I) sayılı listenin (B) cetvelindeki malların sanayi sicil belgesini haiz imalatçılar tarafından satın alma tarihini takip aybaşından itibaren 12 ay içinde **aynı cetvelde yer alan daha düşük vergili malların imalinde** kullanılması durumunda, imalatçıların bu mallar için ***daha önce ödedikleri vergi tutarları*** ile üretilen yeni mallar için ***hesaplanan vergi tutarları*** arasındaki fark iade edilebilecektir.

Son olarak aynı Bakanlar Kurulu Kararına istinaden (I) sayılı listenin (B) cetvelindeki vergi tutarları uygulanarak teslim edilen belirlenmiş GTİP numaralı baz yağların, sanayi sicil belgesini ve madeni yağ lisansını haiz imalatçılar tarafından satın alma tarihini takip eden aybaşından itibaren 3 ay içinde yine belirlenmiş GİPT numaralı

malların imalatında kullanılması ve imal edilen malların aynı süre içinde *ihraç edilmesi* veya bu süre içinde ihraç edilmek üzere *ihraç kayıtlı teslim edilmesi* durumunda, imalatçıların bu baz yağlar için ödemiş oldukları vergi tutarı ile söz konusu Kararname uyarınca belirlenen tutar (0,0500 TL/Kg) arasındaki fark, imalatçılara iade edilebilecektir**(Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2002b, 79–85)**.

Bu kapsamda 2012/3792 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile uygulamaya konulan bu üç uygulama, (I) sayılı listenin (B) cetvelinde yer alan ve ÖTV ödenerek satın alınan malların imalatta kullanılmaları halinde yeni mallara ilişkin vergi tutarlarının indirimli olarak uygulanması ve mükelleflere iade edilmesini esas almaktadır. Bu sayede imalatçı mükellefler üzerindeki ÖTV yükünün hafifletilerek bu mükelleflerin ve imalat sürecinin desteklenmesi amaçlanmaktadır. Blok zincir teknolojisinin diğer indirimli ÖTV uygulamalarında olduğu gibi bu üç uygulama açısından da potansiyel avantajları bulunmaktadır.

Söz konusu üç uygulamada da, (I) sayılı listenin B cetvelinde yer alan malların belirli vasıflara sahip imalatçılar tarafından ÖTV ödenerek satın alınması ve satın alınan bu malların imalatta belli süreler içinde kullanılarak kararnamede belirlenen oranlarda veya yeni mala ilişkin ÖTV kanununa ekli listede yer alan daha düşük ÖTV oranında hesaplanacak vergi ile teslim edilmesi esasına dayanmaktadır. Öncelikle bir blok zincir ağında (I) sayılı listenin (B) cetvelinde yer alan mal alışlarına ilişkin faturaların yer alması, bu faturalarda yer alan ÖTV'lerin imalatçılar tarafından karşı tarafa ödenmiş olmasının takibi yapılabilmektedir. İlaveten, imalatçılar tarafından söz konusu malların üretimde kullanılması neticesinde ortaya çıkan yeni ürünlerin satışına ilişkin faturaların da sistem içinde izlenebilmesi mümkündür. Bu kapsamda da imalatın söz konusu Bakanlar Kurulu Kararı'nda belirtilen süreler içinde gerçekleşip gerçekleşmediği tespit edilebilecektir. Dolayısıyla söz konusu üreticilerin iade taleplerinde, onaylayıcı düğümler tarafından ağ üzerinde onaylanan alış faturalarına ilişkin blok kayıtları ve imalat sonucu elde edilen ürünlerin satışlarına ilişkin blok kayıtlarının iade talep dilekçelerine eklenmesi mümkündür. Ayrıca idarece talep edilen ekspertiz raporlarındaki üretim şemasından hareketle akıllı sözleşmeler vasıtasıyla imalatta kullanılabilecek (I) sayılı Listenin (B) cetvelindeki mal miktarları ve Bakanlar Kurulu Kararında belirtilen oranlar üzerinden hesaplanacak indirimli ÖTV tutarları ile iadesi talep edilebilecek tutarların hesaplanabilmesi de mümkündür.

Yukarıda bahsedilmiş olan indirimli vergi uygulamaları bunlarla sınırlı değildir. İhraç edilecek elektrik üretimi için fuel oil teslimleri, hava yakıtlarının teminatlı olarak

veya teminatsız hava yakıtı alımı sertifikasına sahip mükelleflere teminatsız olarak sıfır ÖTV ile teslimi, propilen üretiminde kullanılacak propanların sıfır ÖTV ile teslimi, etilen üretimi için sıfır oranlı LPG teslimleri, ihraç edilen kara taşıtlarında kullanılmış ilk dolum yağları ve akaryakıtlarının sıfır ÖTV ile teslimi gibi iade hakkı olan veya olmayan diğer indirimli vergi uygulamalarında da blok zincir teknolojisinin bu bölüm kapsamında değinilen hususlara benzer nitelikte potansiyel avantajları bulunmaktadır. Bu potansiyel avantajların değerlendirilmesi ile birlikte, ÖTV kanunu açısından indirilecek ÖTV tutarlarının ve iadesi talep edilen ÖTV tutarlarının daha hızlı ve etkin değerlendirilmesi mümkün olabilecek, hem mükellefler açısından hem de idare açısından indirim/iade sistemi daha otomatik hale gelebilecektir.

4.8. Damga Vergisi Kanunu Açısından Blok zincir Teknolojisi

11.07.1964 tarih ve 11751 sayılı Resmi Gazete ‘de yayımlaranarak yürürlüğe giren 488 numaralı Damga Vergisi Kanunu, Kanuna ekli (1) sayılı tabloda belirtilmiş olan kâğıtları verginin konusuna almaktadır. Kanunun 1. Maddesinde açıklandığı üzere, yazılıp imzalanmak veya imza yerine geçen bir işaret konmak suretiyle düzenlenen ve herhangi bir hususu ispat veya belli etmek için ibraz edilebilecek olan belgeler ile elektronik imza kullanılmak suretiyle manyetik ortamda ve elektronik veri şeklinde oluşturulan belgeler kanunda geçen “kâğıtlar” terimi olarak tanımlanmaktadır. Damga Vergisi Kanunu açısından bir kâğıdın tabi olacağı verginin tayini, Kanunun 4. Maddesine istinaden o kâğıdın kanunlarda belirtilmiş bir adı varsa o adına bakılarak tayin edilir ve tabloda yazılı olan vergisi hesaplanır. Bir kâğıdın şekli kanunlarda belirtilmemiş ise, bu durumda o kâğıdın mahiyeti, üzerindeki yazının içerdiği ettiği hüküm ve manaya göre tayin edilmektedir.

Damga Vergisi, esas itibarıyla bir ekonomik hususu ispat etme gücünü haiz belge ve kâğıtlar üzerinden Kanuna ekli (I) sayılı tabloda belirtilen ölçütlere göre hesaplanan bir vergidir. Örneğin bu tabloda belirtilen kâğıtlar açısından Damga Vergisi, belli parayı ihtiva eden mukavelenameler (binde 9,48), resmi dairelerle yapılan ihale sözleşmelerinde (binde 9,48), mesafeli satış sözleşmelerinde (binde 9,48) gibi ***nisbi şekilde*** veya menşe şahadetnamelerinde (101,20-TL), vergi beyannamelerinde (örneğin KDV için 194,60-TL) gibi ***maktu şekilde*** hesaplanan vergileme ölçülerine göre tayin edilmektedir.

Damga Vergisi Kanunu açısından blok zincir teknolojisinin uygulama alanları literatürde genel olarak akıllı sözleşmeler üzerinde şekillenmektedir. Bununla birlikte,

blok zincir tabanlı elektronik damga vergisine yönelik çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Wijaya ve diğerlerinin "Akıllı Damga Vergisi" başlıklı makalelerinde değindikleri bu tür bir sistemin oluşturulmasına yönelik önerileri mevcuttur. Söz konusu makalede değinildiği üzere vergi otoritesince mevcut kanuni düzenlemeler esas alınarak oluşturulan akıllı sözleşme üzerinden, kullanıcıların vergiye tabi elektronik dokümanları için borçlandıkları damga vergisi tutarı belli olacaktır. Bu durumda, kullanıcılar, bankalar üzerinden alacakları tokenları kendi blok zincir adreslerine transfer edecekler ve damga vergisini ödeyeceklerdir. Tüm bu kayıtlar ise blok zincir üzerinde değiştirilemez ve silinemez şekilde muhafaza edilebilecektir **(Wijaya, Junis ve Suwarsono, 2018, 6–12).**

4.8.1. Akıllı Sözleşmeler ve Damga Vergisi

Damga Vergisi Kanunu açısından, oluşturulacak blok zincir uygulamaları üzerinden damga vergisinin hesaplanarak Hazine'ye intikal ettirilebilmesi mümkündür. Ancak hukuki açıdan literatürde tartışılan konuların başında, bir blok zincir ağına entegre edilmiş akıllı sözleşmelerin damga vergisine tabi olup olmayacağının tespitidir. Anlaşma şartlarının yerine getirildiği durumda kendiliğinden yürütülecek yapıdaki dijital programlar olarak tanımlanabilecek akıllı sözleşmeler, geleneksel sözleşmelerden farklı olarak dış kaynaklardan veri toplanması, bu verilerin işlenmesi gibi unsurların yanında bu prosedürün sonuçlarına dayalı somut çözümler üretme becerisine de sahiptir. Akıllı sözleşmeler esasen blok zincir ağına yüklenen bir program kodudur. Başarılı şekilde oluşturulan akıllı sözleşme, sözleşme adresi, sözleşme bakiyesi, önceden tanımlanmış yürütülebilir kod ve durumdan oluşur ve daha sonra farklı düğümler bilinen sözleşme adreslerine sözleşme çağırıcı (veyahut işlem başlatıcı) işlemler göndererek belirli sözleşmeler ile etkileşime girebilir. Sözleşme çağırısı yapan işlem, yürütme ücreti (fee) veya Ether transferi gibi bir ücreti içermeli ve ek olarak bir fonksiyonun çağrılması için giriş verilerini de tanımlayabilir. Bir işlem kabul edildikten sonra ise, tüm ağ katılımcıları işlem verilerini girdi olarak dikkate alarak sözleşme kodunu yürütürler. Ağ, daha sonra uzlaşı mekanizmasına katılarak sözleşmenin bir sonraki durumunu ve sözleşme çıktısını kabul eder **(Ataşen, 2019, s. 26).**

Akıllı sözleşmelerde, klasik hukuk sözleşmelerin aksine tarafların birbirini tanımaları veya güvenmeleri gerekmemektedir. Taraflar akıllı sözleşmelerle isim, adres vergi kimlik numarası vb. bilgiler ile değil anonim bir cüzdan adresi ile etkileşime girerler. Karşılıklı iradeleri birbiri ile uyuşan taraflar sözleşme konusu edimlerin ifasını akıllı

sözleşme ile blok zincir üzerinde yapmaya karar verdikten sonra, bu sözleşmeler üzerinde edimin ifası otomatik olarak yerine getirilecektir. Tarafların birbirini tanıması veya güvenmesi gerekmemekle birlikte, klasik hukuk sözleşmelerinde olduğu gibi tarafların sözleşme yapma iradelerinin mevcudiyeti ve bu iradenin karşılıklı olarak uyuşması ve dolayısıyla akıllı sözleşmenin otomatik olarak ifası hususunda bir mutabakatın bulunması gerekmektedir. Bu minvalde akıllı sözleşmeler taraflar arasındaki iradenin blok zincir dışında uyuştuktan sonra dijital ortama taşınabildiği off-chain sözleşmeler veya tamamen blok zincir üzerinde oluştuğu on-chain sözleşmeler şeklinde ortaya çıkabilmektedir **(Lexcio, 2022, 1–14)**. Dolayısıyla, zincir dışında kararlaştırılan sözleşme yapma iradesi taraflar arasında mutabık kalındıktan sonra blok zincir üzerinde tanımlanmış yazılım kodları sayesinde taraflar arasında tetiklenebilecektir. Benzer şekilde, blok zincire tanımlı kodlar, tarafların zincir dışında karar alma gereksinimi olmadan, kod içinde belirlenmiş şartlar sağlandığında (on-chain) zincir içinde otomatik olarak ifa edilebilecektir.

Geleneksel anlamda sözleşmeye benzeyen ancak bir bilgisayar kodunun içine yerleştirilmiş anlaşma veya anlaşma kısımları olarak ortaya çıkan akıllı sözleşmeler, özel hukukta karşımıza çıkan irade serbestisi ilkesi ile uyumludur. Zira bu ilke taraflara sözleşme dilini istedikleri gibi belirleme imkânı sunarken, bunun programlama dili ile yazılmış bir kod şeklinde olabilmesi de mümkündür. Ancak sözleşmelerin şekil şartlarından bir olan imza şartı dikkate alındığında, akıllı sözleşmelerin bu bakımdan bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Türk hukukunda güvenli elektronik imza elle atılan imzaya denk tutulmakla birlikte her türlü elektronik imza güvenli elektronik imza niteliği taşımamaktadır. Blok zincirde kullanılan çift anahtar sisteminde açık anahtar sahibi kişinin kimliği garanti edilememekte ve güvenli elektronik imzanın söz konusu olabilmesi için gerekli olan anahtar sahibi ile kimlik bağı kurulurken bir onay kurumu ortaya çıkamamaktadır. Ancak bu konuda ABD ve Birleşik Krallık gibi bazı ülkelerde blok zincirdeki elektronik kayıtların imza şartı bakımından güvenli elektronik imzayla eş değer tutulacağı yönünde düzenlemeler bulunmaktadır **(Aksoy, 2022, 26–30)**.

Bununla birlikte bir blok zincir sistemi, kapalı ve izin gerektiren bir ağ yapısı ile kurulursa, oluşturulacak ara yüzler ile sisteme katılacak olanların cüzdan adresleri ile bunların sahibi arasında bir ilişki kurmak mümkün olabilecektir. Bu tür özel blok zincir ağlarında katılım için izin veya üyelik gerekirken, bununla birlikte üyelerin kimliklerine ulaşılabilen bir yapı da kurulabilecektir. Ara yüzdeki müşteri bilgileri kısmında blok zincirde oluşturulan cüzdan adresi kaydedilerek cüzdanı kullanan gerçek kişilerin kimlikleri veri tabanında kayıt altına alınabilecektir **(Ber, 2022, 9–13)**. İlaveten,

ülkemizde 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu dördüncü ve beşinci maddeleri çerçevesinde, nitelikli elektronik sertifikaya dayanarak imza sahibinin kimliğinin tespitini sağlayan güvenli elektronik imzaların elle atılan imza ile aynı hukuki sonucu doğurduğu hüküm altına alınmıştır. Bu çerçevede sisteme girişin bir imzalama (sistem giriş formu imzalama gibi) işlemine dönüştürülebildiği durumlarda elektronik imza sertifikaları kimlik doğrulama amacıyla da kullanılabilmektedir **(Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2023**). Bu hususta, e-devlet kapısına girişlerde e-imza uygulaması veyahut kamu kuruluşlarının sunmuş olduğu hizmetlere erişimde e-imza kullanılarak kimlik doğrulaması yapılması gibi uygulamalar örnek gösterilebilmektedir. Dolayısıyla, kapalı ve izin gerektiren özel blok zincir ağlarına katılım için oluşturulabilecek ara yüzlerle (internet siteleri gibi) nitelikli elektronik sertifikalar vasıtasıyla kullanıcıların sisteme elektronik imza ile girişleri ve kimlik doğrulaması mümkün olabilecektir.

Damga Vergisi Kanunu açısından Kanuna ekli (1) sayılı tabloda yer alan kâğıtlardan manyetik ortamda ve elektronik veri şeklinde oluşturulan belgelerde, belgenin güvenli elektronik imza kullanılmak sureti ile düzenlenmiş olması durumunda damga vergisini doğuran olay meydana gelmiş olacak, aksi durumda ise bu belgeler damga vergisinin konusuna girmeyecektir **(Maliye Bakanlığı, 2016)**. Kanunda belirtilen manyetik ortam ve elektronik veri kavramları, verileri 0 ve 1'i temsil edecek şekilde manyetize ederek ikili diziler halinde işlemek ve bilgisayar ortamında kaydetmek anlamını taşımaktadır **(Dalgıç, y.y.)**. Dolayısıyla, akıllı sözleşmeler de 1 ve 0'lardan oluşan bir programlama kodu olma özelliği nedeniyle mevzuatın belirttiği manyetik ortam ve elektronik veri kavramı ile örtüşmektedir. Bununla birlikte, akıllı sözleşmelerin bir türü olan Ricardian sözleşmelerinde olduğu gibi, iki tarafın şartlar ve koşullarda mutabık kaldığı dijital bir anlaşmanın sadece kodlardan ibaret olmadığı, ayrıca insanların da okuyarak kolayca anlayabildiği veya sözleşmenin şartlarını görebildiği ve blok zincir platformlarında saklanabilen sözleşmeler de bulunmaktadır. Dolayısıyla yasal sözleşmeleri teknoloji ile buluşturan, bu teknolojide söz konusu sözleşmelerin dijitalize edildiği ve özet fonksiyonlara sokularak blok zincir platformlarında kullanılabildiği uygulamalar da geliştirilmektedir **(Geroni, 2021, 1–5)**. Bu kapsamda iki tarafın rızasını ve anlaşma saikini gösteren yasal bir sözleşmenin dijitalleştirilerek blok zincir ağında kullanılmak üzere ağa yüklenmesi ve edimin ifasının otomatik olarak yerine getirilebilmesi mümkündür.

Değinilen bu hususlar, bir akıllı sözleşmenin elektronik imza ile imzalanmış olması durumunda damga vergisinin konusuna girebileceğini göstermektedir. Örneğin belli bir parayı ihtiva eden mesafeli sözleşme ile ilgili olarak iki tarafın zincir dışı (off-chain)

anlaşmaya vardığı bir sözleşmenin Ricardian sözleşme tipi olarak her iki tarafın elektronik imzaları ile birlikte dijitalleştirilerek ağa yüklenmesi ve edimin ifasının otomatik olarak kodların okunması suretiyle yerine getirilmesi durumunda, bu akıllı sözleşmede belli edilen tutar üzerinden binde 9,48 oranında nispi vergi alınması hukuken mümkün olabilecektir.

BÖLÜM V

SONUÇ

5.1. Sonuç ve Değerlendirme

Teknolojinin gelişimi ile birlikte insanların daha merkeziyetsiz ve özgür bir dünyada aracılara ihtiyaç olmadan ve güvenilir bir şekilde işlemlerini gerçekleştirmeleri mümkün hale gelmektedir. Bilginin değiş tokuşu ve saklanmasına yönelik geliştirilen teknolojilerden biri olan Blok zincir teknolojisinde, kötü niyetli saldırılara açık olan klasik veri tabanlarının yerini bir dağıtık ağ yapısı içinde işlemlerin değiştirilemez şekilde saklanabildiği bir ortam oluşturulmaktadır. Teknolojinin en önemli yapı taşlarından biri olan kriptografi sayesinde bilgiler şifrelenmekte ve bilgi güvenliği sağlanmaktadır. Dijital imzalar sayesinde veri bütünlüğünün sağlanmasının yanında gönderici kimliği de doğrulanmaktadır. Uzlaşı mekanizmaları sayesinde ağa kaydedilen her blok içindeki bilgilerin ağdaki düğümlerce mutabık kalındığı ve ağın güncelleştirildiği onay mekanizmaları verilerin değiştirilemez niteliğe kavuşmasına yardımcı olmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin bankacılık ve finans, sağlık sektörü, oy kullanma, tapu işlemleri, tedarik zinciri oluşturulması, muhasebe hizmeti gibi çeşitli sektörlerde ve hizmetlerde kullanım alanı bulduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bu teknolojinin vergi alanında uygulanabileceği yönünde çeşitli araştırma ve uygulamalar bulunmaktadır. Bitcoin uygulamasında olduğu gibi bu teknolojinin açık ve izin gerektirmeyen ağ yapısına sahip olduğu ağ türleri bulunmaktadır. Ancak literatürde çokça değinildiği üzere özellikle kamusal hizmetlerin sunulacağı ve kayıt altına alınacağı bir blok zincir ağının izin gerektiren özel bir ağ türünde ve daha kapalı ve kontrol edilebilir bir çerçevede oluşturulması gerekmektedir. Bu tür ağlarda izlenebilirlik, etkinlik ve gizlilik unsurlarının daha rahat sağlanabileceği, ağa giriş ve çıkışların kontrol altına alınabileceği, ağ güvenliğinin temini ve %51 saldırısı gibi sistemin işleyişini bozacak tehditlerin önlenmesinin daha kolay olabileceği görülmektedir.

Blok zincir teknolojisinin vergisel işlemlere uygulanabilirliği konusunda çeşitli ülkeler nezdinde bazı girişim ve uygulamalar söz konusudur. Verginin tahsili ve dolandırıcılığın önlenmesi konularının, bu teknolojinin en yaygın vergisel kullanım alanlarından olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Çin Halk

Cumhuriyeti gibi gelişmiş ülkelerin yanında, Brezilya, Arjantin, Kazakistan, Estonya, Suudi Arabistan gibi gelişmekte olan ülkelerde de bu teknolojinin vergisel sistemlere entegrasyonu konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların ağırlıklı kısmı ise Katma Değer Vergisi üzerinde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla diğer vergi türlerine nazaran Katma Değer Vergisi, blok zincir teknolojisinin vergi alanına en çok temas ettiği vergi türü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tezimizin de ana konusu olan Türkiye'de blok zincir teknolojisinin vergisel işlemlere uygulanabilirliği özellikle e-fatura ve e-defter uygulamalarının bu teknolojiye yatkınlığı sebebiyle mümkün görünmektedir. E-faturaların blok zincir ağına entegre edilmesi ve bunların daha da dijitalleşmesi suretiyle işlemlerin takibinin yapılabilmesi önemli bir potansiyel olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan e-defter uygulaması çerçevesinde mükelleflerin çift taraflı olarak iç muhasebe sistemlerine kaydettiği işlemlerin üç taraflı kayıt yöntemi ile blok zincir ağına kayıt edilmesi de mümkündür. İlaveten ilgili bölümde önerdiğimiz üzere bir işleme ilişkin blok numarasının da e-defter alt hesap kodlarında izlenebilmesi de bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yolla tüm hesap kalemleri üzerinden gelir tablosunun bir bütün halinde oluşturulabilmesi imkânına da değinilmiştir. Dolayısıyla Türkiye'de dijital vergi dönüşümünün en önemli parçalarından biri olan e-fatura ve e-defter uygulamalarının blok zincir teknolojisi ile entegrasyonu potansiyeli bulunmaktadır.

Bu kapsamda, blok zincir teknolojisinin öncelikle Vergi Usul Kanunu açısından değerlendirilmesi yapılmış, bu teknolojinin mükelleflerin ödevlerine getireceği kolaylık ve vergisel işlem süreçlerinin otomasyonuna yönelik avantajlarına değinilmiştir. İlaveten teknolojinin kişisel verilerin korunması ve vergi mahremiyeti açısından kapalı ve izne tabi bir ağ türünün vergi mevzuatına daha uygun olduğu ve ağ dışı depolama, merkezi olmayan IPFS yöntemleri gibi önerilerin konu açısından dikkate alınabileceği tartışılmıştır. Vergi Usul Kanunu 359. Maddede belirtilen kaçakçılık suçları açısından ise mükelleflerin hesap cüzdanlarındaki mal alış ve maddi duran varlık bilgilerinden, alınan mallara ilişkin taşıma bilgilerinden ve diğer bilgilerden hareketle sahte faturaların takibinin yapılabilmesi avantajı bulunmaktadır.

Gelir Vergisi Kanunu açısından blok zincir teknolojisinin verginin konusuna giren yedi adet gelir unsurunun tespiti ve gelir unsurlarının kavranabilmesi yönünde potansiyel avantajlarına değinilmiş, oluşturulacak alt zincirler sayesinde vergi ile ilişkili verilerin bir araya getirildiği akıllı platformların oluşturulması üzerinde durulmuştur. Matrahın tespitinde beyanname üzerinden indirilebilecek tutarlar açısından Shenzen Vergi İdaresi

uygulamasında olduğu gibi alt zincirler ve yan zincirler sayesinde indirime esas olan giderlere ilişkin çeşitli kamu kuruluşlarından temin edilen bilgilerden de faydalanılması mümkündür. Bu yolla vergisel indirimlerin otomasyonu ve takibinin daha etkin yapılabilmesi potansiyeli bulunmaktadır.

Kurumlar Vergisi Kanunu açısından bilanço esasına göre tespit edilen kurum kazançlarının e-defter uygulaması ile ilişkilendirilerek XBRL-GL standartlarında belirlenen yevmiye defteri alanlarından "*enteryDetail*" vergi grubu içinde blok zincir kaydına yönelik yazılımsal düzenlemeler ile muhasebe işlemlerinin alt hesaplarında ilgili blok numarasının işlenmesi yöntemi üzerinde durulmuş, çift taraflı kayıt edilen muhasebe işlemlerinin ayrıca blok kayıtları ile de validasyonunun sağlanabileceği önerisi getirilmiştir. Transfer fiyatlandırması konusunda blok zincir teknolojisinin getirebileceği potansiyel avantajlar ise GTİP kod tanımlamasına dayalı bir kodlama ile benzer nitelikteki ürünlere yönelik emsal fiyat aralığının belirlenebileceği ve dolayısıyla karşılaştırılabilir fiyat yönteminin uygulama alanı bulabileceğine yönelik öneriler çerçevesinde şekillenmiştir.

Katma Değer Vergisi Kanunu açısından blok zincir teknolojisinin, ürünlerin üretiminden son müşteriye ulaşımına kadar geçen safhada sürecin her aşamasının takibinin yapılarak mükellefiyet tesisinin sağlanması yönünden avantajlarına değinilmiştir. İlaveten, bu teknolojinin KDV indirim mekanizmasının işletilmesi açısından akıllı sözleşmelerden yararlanmak suretiyle yüklenimlerin telafisinin sağlanabileceği konusu ele alınmıştır. Bu teknolojinin vergi kaçakçılığını önlemede olumlu etkileri ise mükelleflerin hesap cüzdanlarından hareketle mal alım-satım geçmişinin görülebilmesi, oluşturulan blokların zaman damgalı olarak bir silsile halinde takip edilebilmesi ve genel anlamıyla da bir mükellefin düzenlemiş olduğu faturadaki malların daha önceden alınıp alınmadığının takibine olanak vermesi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Kanunda pek çok istisna kalemi yer almakta olup bunlardan KDV iade uygulamasına en fazla konu olan mal ihracatı açısından blok zincir teknolojisinin avantajlarına da değinilmiştir. Bu kapsamda varış ülkesi prensibinden hareketle dış ticarete konu gümrük ve vergi idareleri arasında oluşturulacak kapalı ve izne tabi blok zincir ağı üzerinde durulmuş ve bu teknolojinin hayali ihracat dolandırıcılığını önleme potansiyeline vurgu yapılmıştır. Son olarak KDVİRA sistemi üzerinde yer alan OEK özel esaslar segmenti kontrollerinin blok zincir ağı üzerinde yer alan bilgilerden hareketle işlem anından önce mükelleflerin bilgilerine sunulabileceği üzerinde durulmuştur.

Özel Tüketim Vergisi Kanunu açısından blok zincir teknolojisinin uygulama alanları ise ihraç kayıtlı teslimlerde tecil/terkin uygulamasına yönelik potansiyel avantajları ile başlamaktadır. İhracat işlemlerinin çoğunlukla fiziki muayene olmaksızın doküman ve belge kontrolü şeklinde gerçekleştirildiği ülkemizde blok zincir teknolojisinin gümrük ve vergi idarelerinin entegrasyonu ile ihraç kaydıyla teslim edilen malların ihraç durumlarının takibinin yapılabilmesi potansiyeli üzerinde durulmuştur. Bununla birlikte, tıpkı KDV indirim mekanizmasına benzer şekilde, bu teknolojinin ÖTV indirim mekanizmasına da temas edebileceği görülmüştür. Blok zincir teknolojisinin bir başka uygulama alanı ise ÖTV (1) sayılı listeye yönelik düzenlenen indirimli vergi ve iade uygulamaları üzerinden değerlendirilmiştir. Bu teknoloji sayesinde indirimli vergi uygulaması ve iade taleplerinin daha hızlı ve etkin bir hale gelebileceği görülmüştür.

Son olarak Damga Vergisi Kanunu açısından değerlendirildiğinde, blok zincir teknolojisinin getirdiği önemli bir yenilik olan akıllı sözleşmeler üzerinden damga vergisinin hesaplanabileceği hususu üzerinde durulmuştur. Bununla birlikte, akıllı sözleşmelerin hukuki niteliğine de değinilmiş, Ricardian sözleşmelerin, klasik anlamdaki bir yasal sözleşmeyi elektronik imza kullanmak suretiyle dijitalleştirerek blok zincir ağına entegre edebileceği ve bu yolla da örneğin manyetik ortamda ve elektronik veri şeklinde oluşturulmuş bir mesafeli satış sözleşmesinin damga vergisinin konusuna girebileceği hususuna değinilmiştir.

Dolayısıyla, gelişimini hızlı bir şekilde sürdüren Blok zincir teknolojisinin Türk Vergi sistemi içinde uygulama alanı bulabileceği görülmektedir. Yukarıda değinilen her bir vergi türü itibarıyla bu teknolojinin potansiyel avantajları bulunmaktadır. Vergi hukuku açısından geniş bir mevzuat bilgisi ile birlikte bu teknolojinin yazılımsal ve teknik yönünün de birleştirilmesi ve insan kaynağının bu şekilde yetiştirilmesi neticesinde bu teknolojinin vergisel işlemlere daha etkin bir şekilde uygulanabileceği ve görülmektedir.

KAYNAKÇA

Academy, B. (2020). Blockchain Use Cases: Healthcare. *Binance Academy*. 27 Eylül 2022 tarihinde https://academy.binance.com/en/articles/blockchain-use-cases-healthcare adresinden erişildi.

AFIP. (2021). *A Blockchain for MERCOSUR*. https://na.eventscloud.com/file_uploads/2b31617a7342fd0a0a7c8d87ba2730a6_FABIANVARISCOAFIP-bConnect-MERCOSURBlockchain.pdf adresinden erişildi.

Ağcakaya, S. ve Kaya, I. (2022). Blockchain Teknolojisinin Vergi Kayıp ve Kaçaklarına Etkisi. S. Ağcakaya (Ed.), *Blockchain Teknolojisi ve Uygulamaları* içinde (66–74). Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Ltd. Şti. https://www.researchgate.net/profile/Serpil-Agcakaya/publication/366065640_BLOCKCHAIN_TEKNOLOJISI_VE_UYGULAMALARI_-_BLOCKCHAIN_TEKNOLOJISININ_VERGI_KAYIP_VE_KACAKLARINA_ETKISI/links/63904fc0484e65005becfd97/BLOCKCHAIN-TEKNOLOJISI-VE-UYGULAMALARI-BLOCKCHAI adresinden erişildi.

Ainsworth, Richard T. ve Viitasaari, V. (2017). Payroll Tax & The Blockchain. *Tax Notes International*, *March,2017*(17), 1007–1024. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2970699 adresinden erişildi.

Ainsworth, Richard T ve Alwohaibi, M. (2017). *Blockchain, Bitcoin And Vat In The GCC: The Missing Trader Example*. *Boston University School of Law Law & Economics Wprking Paper*. Boston. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2919056 adresinden erişildi.

Ainsworth, Richard Thompson ve Shact, A. (2017). Blockchain (Distributed Ledger Technology) Solves VAT Fraud. *Boston University School of Law & Economics Working Paper*, 16–41. doi:10.2139/ssrn.2853428

Akcora, C. G., Gel, Y. R. ve Kantarcioglu, M. (2017). Blockchain: A Graph Primer. *arXiv preprint arXiv:1708.08749*, *1*(1), 1–16. http://arxiv.org/abs/1708.08749 adresinden erişildi.

Akdağ, Y. (2015). *Özel Tüketim Vergisi'nin Muhasebeleştirilmesi ve e-Beyanı*. Ankara: Vergi Müfettişleri Derneği.

Akiz, E. H. (2019). *Kripto Paranın Vergilendirilmesi, Muhasebeleştirilmesi ve Denetimi*. İstanbul Ticaret Üniversitesi.

Akkaya, Ş. ve Aktuğ, M. (2021). Teorik Temelleri ve Gelişimi Bakımından Özel Tüketim Vergilerinin Analizi. *Maliye Çalışmaları Dergisi*, *65*, 1–23. doi:10.26650/mcd2021-884927

Aksoy, P. Ç. (2022). Akıllı Sözleşmelerin Dünü , Bugünü ve Yarını: Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. *Vergi Dünyası*, *494*, 17–38. http://yoksis.bilkent.edu.tr/pdf/files/16253.pdf adresinden erişildi.

Alkan, B. Ş. (2021). Real-Time Blockchain Accounting System As A New Paradigm. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (October), 41–58. doi:10.25095/mufad.950162

Allessie, D., Sobolewski, M. ve Vaccari, L. (2019). *Blockchain for digital government*. *JRC Science for Policy Report* (C. EUR 29677). doi:10.2760/93808

Androulaki, E., Barger, A., Bortkinov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., … Yellick, J. (2018). Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System For Permissioned Blockchains. *EuroSys'18: Thirteenth EroSys Conference* içinde (C. 30, 1366–1385). New York: Association for Computing Machinery. doi:10.1109/TKDE.2017.2781227

Antonopoulos, A. M. (2014). *Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Crypto-currencies*. *O'Reilly Media, Inc.* (C. 50). https://www.bitcoinbook.info/ adresinden erişildi.

Ataşen, K. (2019). *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenli Bir Dijital Sertifikasyın Uygulaması Geliştirilmesi*. Trakya Üniversitesi.

Aydar, M., Çetin, S. C., Ayvaz, S. ve Aygün, B. (2019). Private key encryption and recovery in blockchain ˙. *arXiv preprint*, *arXiv:1907*, 1–24. https://arxiv.org/pdf/1907.04156.pdf adresinden erişildi.

Babaoğlu, C. ve Karasoy, H. (2022). Kamu Yönetiminde Blokzincir: Kullanım Alanları ve Örnek Uygulamalar. *Sosyoekonomi*, *30*(52), 283–297. doi:10.17233/sosyoekonomi.2022.02.15

Back, A. (2002). *Hashcash - A Denial of Service Counter-Measure*. http://www.hashcash.org/Papers/Hashcash.Pdf adresinden erişildi.

Badev, A. I. ve Chen, M. (2015). Bitcoin: Technical Background and Data Analysis. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.2544331

Banana Accounting. (2020). The blockchain in accounting. *Banana Web Page*. https://www.banana.ch/en/blockchain-accounting adresinden erişildi.

Ber, A. S. (2022). Blokzincir (Blockchain) Teknolojisi Kapsamında Elektronik Çek E. *Journal of Marine and Engineering Technology (JOINM)*, *2*(1), 1–20. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2432197 adresinden erişildi.

Beşkirli, A., Özdemir, D. ve Beşkirli, M. (2019). Şifreleme Yöntemleri ve RSA Algoritması Üzerine Bir İnceleme. *European Journal of Science and Technology*, *10*(October), 284–291. doi:10.31590/ejosat.638090

Beştaş, M. (2022). Blok Zincir Ekonomisinde Yeni Uygulamalar : E- Fatura Üzerine New Applications in Blockchain Economy : A Review on E-Invoice. *Journal of Yasar U*, *17*(February), 821–837. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2227593 adresinden erişildi.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. (2020). *Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu 2020 Faaliyet Raporu*. Ankara. https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/faaliyet-raporlari/2020-genel-faaliyetraporutr.pdf adresinden erişildi.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. (2023). Bilgi Teknolojileri E-imza Uygulama Açıklamaları.pdf. *btk.gov.tr*. https://www.btk.gov.tr/e-imza-ile-ilgili-sikca-sorulan-sorular adresinden erişildi.

Binance Academy. (2018). Proof of Work (PoW) Binance Academy. *Binance Academy*. 13 Nisan 2022 tarihinde https://academy.binance.com/tr/articles/proof-of-work-explained adresinden erişildi.

Binance Academy. (2022). Bitcoin Yarılanması Geri Sayımı. *Binance Academy*. https://academy.binance.com/tr/halving adresinden erişildi.

Bitpanda. (2021). Proof of Stake (PoS) nedir ? *Bitpanda*. 15 Nisan 2022 tarihinde https://blog.bitpanda.com/tr/proof-of-stake-pos-nedir adresinden erişildi.

Biyan, Ö. ve Carda, H. (2021). Türk Vergi Hukukunda Geleceğe Dair Öngörüler: Blok Zincir Teknolojisinin Olası Etkileri. *Maliye Dergisi*, *180*, 93–114. blob:https://pdf.trdizin.gov.tr/6bac12a4-a9c4-4170-ac3f-6270d610fa99 adresinden erişildi.

Blankestijn, G. (2017). Blockchain-New Roles and Ways of Interaction A Proof of Concept on Payroll Tax. *Disruptive Business Models Challanges and Opportunities For Tax Administrations* içinde (41–43). Budapest. https://www.iota-tax.org/sites/default/files/publications/public_files/disruptive-business-models.pdf adresinden erişildi.

Blockchain.com. (y.y.). Dolaşımdaki Toplam Bitcoin.pdf. *Blockchain.com*. 23 Nisan 2022 tarihinde https://www.blockchain.com/explorer/charts/total-bitcoins adresinden erişildi.

Blockchain Türkiye Platformu. (2019). *Kişisel Verilerin Korunmasi Hukuku ve Blokzinciri Teknolojisi Raporu*. https://bctr.org/dokumanlar/KVKK_ve_Blokzincir_Teknolojisi.pdf adresinden erişildi.

Brown, R. G. (2018). *R3-Corda platform whitepaper*. *Corda Platform White Paper*. https://www.r3.com/wp-content/uploads/2019/06/corda-platform-whitepaper.pdf%0Ahttps://www.corda.net/wp-content/uploads/2018/05/corda-platform-whitepaper.pdf adresinden erişildi.

Brown, R. G. (2020). The Internet Is A Public Permissioned Network. Should Blockchains Be The Same? *Forbes*. 22 Nisan 2022 tarihinde https://www.forbes.com/sites/richardgendalbrown/2020/05/06/the-internet-is-a-public-permissioned-network-should-blockchains-be-the-same adresinden erişildi.

BTC.com. (2022). BTC Havuz İstatistikleri. *BTC.com*. 4 Mayıs 2022 tarihinde https://btc.com/stats/pool?pool-mode=day adresinden erişildi.

BTCTurk. (2020). Proof of Work BTCTurk. 13 Nisan 2022 tarihinde https://www.btcturk.com/bilgi-platformu/proof-of-work-is-kaniti-nedir-nasil-calisir/ adresinden erişildi.

Bureau of The Fiscal Service. (2017). Bureau of the Fiscal Service Launches Two Innovative Pilot Projects. *Bureau of the Fiscal Service Web Page*. https://www.fiscal.treasury.gov/fit/blog/innovative-pilot-projects.html adresinden erişildi.

Bureau of The Fiscal Service. (2021). Fiscal Service Testing Blockchain to Streamline Grant Payment Processes. *Bureau of the Fiscal Service Web Page*. https://fiscal.treasury.gov/news/fiscal-service-testing-blockchain-to-streamline-grant-payment-processes.html adresinden erişildi.

Buterin, V. (2014). A next-generation smart contract and decentralized application platform. *Etherum*, (January), 1–36. https://ethereum.org/669c9e2e2027310b6b3cdce6e1c52962/Ethereum_Whitepaper_-_Buterin_2014.pdf adresinden erişildi.

Çakmak, M. (2019). *Kripto Paraların Gelişim Süreci, Blok Zincir Teknolojisi ve Kripto Paraların Türkiye'de Vergilendirilmesi*. Marmara Üniversitesi.

Çarkacıoğlu, A. (2016). *Kripto-Para Bitcoin*. *Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Dairesi*. Ankara. http://www.spk.gov.tr/SiteApps/Yayin/YayinGoster/1130 adresinden erişildi.

Casey, M., Crane, J., Gensler, G., Johnson, S. ve Narula, N. (2018). *The Impact of Blockchain Technology on Finance : A Catalyst for Change*. Geneva. https://www.sipotra.it/old/wp-content/uploads/2018/07/The-Impact-of-Blockchain-Technology-on-Finance-A-Catalyst-for-Change.pdf adresinden erişildi.

CEF. (2020). Estonian electronic tax filing system (E-Tax). *Connecting Europe Facility (EU)*. https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/pages/viewpage.action?pageId=120717519 adresinden erişildi.

Çeşmeci, M. Ü. (2009). Kriptoloji Tarihi. *Tübitak UEKAE Dergisi*, *1*(1), 20–30. https://bilgem.tubitak.gov.tr/sites/images/bilgem/dergi/01_UEKAE.pdf adresinden erişildi.

Çetiner, Y. (2020). *Kripto Paraların Vergilendirilmesi ve Muhasebeleştirilmesinin İncelenmesi: Bir Araştırma*. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.

Chantanusornsiri, W. (2018). Blockchain undergoes tests for trackcing VAT payments. *Bankok Post*. https://www.bangkokpost.com/business/1586614/blockchain-undergoes-tests-for-tracking-vat-payments adresinden erişildi.

Chaum, D. L. (1982). *David L*. https://nakamotoinstitute.org/static/docs/computer-systems-by-mutually-suspicious-groups.pdf adresinden erişildi.

Chicarino, V., Albuquerque, C., Jesus, E. ve Rocha, A. (2020). On the detection of selfish mining and stalker attacks in blockchain networks. *Annals of Telecommunications*, *75*(3–4), 143–152. doi:10.1007/s12243-019-00746-2

Cho, S., Lee, K., Cheong, A., No, W. G. ve Vasarhelyi, M. A. (2021). Chain of Values: Examining the Economic Impacts of Blockchain on the Value-Added Tax System. *Journal of Management Information Systems*, *38*(2), 288–313. doi:10.1080/07421222.2021.1912912

Collosa, A. (2021). Blockchain in Tax Administrations. *CIAT (Inter-American Center Of Tax Administrations=*. 6 Mart 2022 tarihinde https://www.ciat.org/blockchain-in-tax-administrations/?lang=en adresinden erişildi.

Couger Team. (2021). What Countries and States That Have Trialled Blockchain Voting Learned. *Medium*. 1 Ekim 2022 tarihinde https://medium.com/couger-blog/what-countries-and-states-that-have-trialled-blockchain-voting-learned-f0a9f5e98a43 adresinden erişildi.

Covarrubias, J. Z. L. ve Covarrubias, I. N. L. (2021). Different types of government and governance in the blockchain. *Journal of Governance and Regulation*, *10*(1), 8–21. doi:10.22495/jgrv10i1art1

Dai, J. ve Vasarhelyi, M. A. (2017). Toward Blockchain-Based Accounting and Assurance. *Journal of Information Systems*, *31*(3), 5–21. doi:10.2308/isys-51804

Dai, W. (1998). *B Money*. http://www.weidai.com/bmoney.txt adresinden erişildi.

Dalgıç, A. (y.y.). Bilgisayar Sistemlerinde Manyetik Veri Kaydı. *Elektrik Mühendisleri Odası*. https://www.emo.org.tr/ekler/609154fa35b3194_ek.pdf?dergi=138 adresinden erişildi.

Deffenti, F. (2018). Blockchain Adopted by Brazil ' s Tax Authority. *LawsofBrazil.com*. https://lawsofbrazil.com/2018/11/29/blockchain-adopted-by-brazils-tax-authority/ adresinden erişildi.

Delmotte, C. (2022). The Promises and Pitfalls of a Blockchain Driven Tax System. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.4187919

Demirhan, H. (2019). Vergi Denetiminde YeniBir Yaklaşim Olarak Blok Zinciri Teknolojisi. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *9*(18), 857–876. doi:10.29029/busbed.569413

Deniz Ticaret Odası. (2020). Sirküler No :244. *Deniz Ticaret Odası*. https://www.denizticaretodasi.org.tr/media/SharedDocuments/OTV/739-244.pdf adresinden erişildi.

Department of Revenue, T. (2020). Revenue Department News. *Public Relations, Office of The Secretary*. https://www.rd.go.th/fileadmin/user_upload/news/englishnews10_2563.pdf adresinden erişildi.

Dinçel, C. (2020). *Blokzincir Teknolojisinin Muhasebe ve Denetim Mesleğine Etkisi*. İstanbul Üniversitesi.

Diri, N. ve Yalçınkaya, B. (2022). Blokzincir Uygulamalarında Kişisel Veri Problemi : Depolama Riskleri ve Öneriler. *Bilgi Yönetimi Dergisi*, *5*(1). https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1994492 adresinden erişildi.

Dourado, L., Silva, P., Peres, C. ve Díaz, D. (2022). Challenges and Opportunities for a Fiscal Blockchain. *American Academic Scientific Research Journal for Engineering, Technology and Sciences*, *87*(1), 117–137. https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/7520 adresinden erişildi.

Durdu, M. (2019). Mükellef Verilerinin Korunması ve Vergi Mahremiyeti. *Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *27*(3), 589–623. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/897707 adresinden erişildi.

Durmuş, N. K. (2017). Ticari Sırların ve Kişisel Verilerin Korunması Kapsamında Vergi Mahremiyeti. *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi*, *31*(Temmuz), 371–410. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/981448 adresinden erişildi.

e-government Kazakhstan. (2021a). E-Wallet. *egov*. https://egov.kz/cms/en/articles/tax_wallet_service adresinden erişildi.

e-government Kazakhstan. (2021b). Blockchain projects. *egov*. https://egov.kz/cms/en/robotization/projects-blockchain adresinden erişildi.

El Boletín Oficial de la República Argentina. (2017). Certificación con Blockchain. *El Boletín Oficial de la República Argentina Web Page*. https://www.boletinoficial.gob.ar/estatica/certificacion-blockchain adresinden erişildi.

Elangovan, D., Long, C. S., Bakrin, F. S., Tan, C. S., Goh, K. W., Yeoh, S. F., … Ming, L. C. (2022). The Use of Blockchain Technology in the Health Care Sector: Systematic Review. *JMIR Medical Informatics*, *10*(1). doi:10.2196/17278

Ergen, Z. ve İnci, E. (2021). Yüklenim KDV Sorunu: Hazinenin Finansmanı mı, Hzaine Zararı mı? *Vergi Raporu*, *264*, 0–2. https://vergiraporu.com.tr/upImage/org/39f435c.PDF adresinden erişildi.

Erkan, M. (2009). ÖTV Mevzuatı Açısından Tecil- Terkin Uygulaması (I). *Vergi Dünyası*, *Haziran*. https://www.vergidunyasi.com.tr/arsiv/makaleler/otv-mevzuati-acisindan-tecil-terkin-uygulamasi adresinden erişildi.

Erkan, M. (2010). ÖTV Uygulamasına Dair Notlar (IV): İndirim Uygulaması. *Vergi Dünyası*, *350*, 23–28. https://www.erkymm.com/resimler/yoTV_Uygulamasna_Dair_Notlar_4_ndirim_Uygulamas_VERGI_DUNYASI__2010_EKIM.pdf adresinden erişildi.

Ernst&Young. (2021). *What happens when government , industry and investors seek common digital ground ? Withholding tax distributed ledger report*. https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/tax/tax-pdfs/ey-withholding-tax-distributed-ledger-report.pdf adresinden erişildi.

Ethereum. (2021). Ethereum's Proof-of-Stake (Pos). *Ethereum.org*. 17 Nisan 2022 tarihinde https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/ adresinden erişildi.

Ethereum. (2022a). Blocks. *Ethereum.org*. 24 Nisan 2022 tarihinde https://ethereum.org/en/developers/docs/blocks/ adresinden erişildi.

Ethereum. (2022b). Networks. *Ethereum.org*. 24 Nisan 2022 tarihinde https://ethereum.org/en/developers/docs/networks/ adresinden erişildi.

eTradeforall. (2018). Singapore International Chamber of Commerce launches world ' s first blockchain-based e- Certificate of Origin. *eTradeforall web page*. https://etradeforall.org/news/singapore-international-chamber-of-commerce-launches-worlds-first-blockchain-based-e-certificate-of-origin/ adresinden erişildi.

Fatz, F., Hake, P. ve Fettke, P. (2019). Towards Tax Compliance by Design : A Decentralized Validation of Tax Processes Using Blockchain Technology. *2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI)* içinde (559–568). IEEE. doi:10.1109/CBI.2019.00071

Featherly, K. (2021). ARPANET. Encyclopedia Brittanica. https://www.britannica.com/topic/ARPANET adresinden erişildi.

Fintech İstanbul. (2020). Bitcoin'de Tarihi Gün, 3'üncü Yarılanma Gerçekleşti. 23 Nisan 2022 tarihinde https://fintechistanbul.org/2020/05/12/bitcoinde-tarihi-gun-3uncu-yarilanma-gerceklesti/ adresinden erişildi.

Frankowski, E., Barański, P. ve Bronowska, M. (2017). *Blockchain technology and its potential in taxes*. Warsaw. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pl/Documents/Reports/pl_Blockchain-technology-and-its-potential-in-taxes-2017-EN.PDF adresinden erişildi.

Fullmer, D. ve Morse, A. S. (2018). Analysis of Difficulty Control in Bitcoin and Proof-of-Work Blockchains. *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control* içinde (C. 2018-Decem, 5988–5992). Miami: IEEE. doi:10.1109/CDC.2018.8619082

Gao, Y. ve Nobuhara, H. (2017). A decentralized trusted timestamping based on blockchains. *IEEJ Journal of Industry Applications*, *6*(4), 252–257. doi:10.1541/ieejjia.6.252

GBBC. (2021). *Global Taxation-GSMI2 Standalone*. *Global Blockchain Business Council*. Davos. https://gbbcouncil.org/wp-content/uploads/2021/11/Global-Taxation_GSMI2_Standalone_GBBC_.pdf adresinden erişildi.

Geroni, D. (2021). What are Ricardian Contracts? *101 Blockchains*. https://101blockchains.com/ricardian-contracts/ adresinden erişildi.

GİB. KDV Genel Uygulama Tebliği IV.E Özel Esaslar (2015). https://www.gib.gov.tr/fileadmin/mevzuatek/kdvgeneluygulamatebligi/kdvgeneluygulamatebligi_4e.pdf adresinden erişildi.

GİB. (2017a). *e-Defter Uygulaması XBRL GL Genel Açıklamalar*. https://www.edefter.gov.tr/edeftermevzuat.html adresinden erişildi.

GİB. (2017b). *e-Defter Uygulaması Yevmiye Defteri Kılavuzu*. Ankara. https://www.edefter.gov.tr/edeftermevzuat.html adresinden erişildi.

GİB. (2018a). e-FATURA UYGULAMASI (Entegrasyon Kılavuzu), 1–22. https://ebelge.gib.gov.tr/anasayfa.html# adresinden erişildi.

GİB. (2018b). *e- Defter Uygulaması Teknik Kılavuz*. Ankara. https://www.edefter.gov.tr/edeftermevzuat.html adresinden erişildi.

GİB. (2019). *e- Fatura Uygulamasının Teknik Mimarisi*. Ankara. https://ebelge.gib.gov.tr/efaturamevzuat.html adresinden erişildi.

GİB. (2021). *Gelir İdaresi Başkanlığı Faaliyet Raporu*. Ankara. https://www.gib.gov.tr/sites/default/files/fileadmin/faaliyetraporlari/2021/2021_faaliyet_raporu_4.pdf adresinden erişildi.

GİB Uygulama ve Veri Yönetimi Daire Başkanlığı. (2022). *Kdv İadesi Risk Analiz Raporu Kılavuzu*. Ankara.

Glover, E. (2022). 5 Uses of Blockchain in the Supply Chain. *BuiltIn*. 18 Ekim 2022 tarihinde https://builtin.com/blockchain/blockchain-in-supply-chain adresinden erişildi.

Gökoğlan, K. ve Atalan, İ. (2022). Tarımsal Gıda Ürünlerinin Tedarik Zinciri Yönetimine Blok Zincir Teknolojisinin Etkisi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *6*(1), 97–112. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2363080 adresinden erişildi.

Golosova, J. ve Romanovs, A. (2018). The advantages and disadvantages of the blockchain technology. *2018 IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering, AIEEE 2018 - Proceedings* içinde (32–37). IEEE. doi:10.1109/AIEEE.2018.8592253

Güçlütürk, O. G. (2019). Blokzincir Üzerinde Depolanan Verilerin Kişisel Veri Niteliği ve Silinemezlik, Yok Edilemezlik Sorunu. *Kişisel Verileri Koruma Dergisi*, *1*(2), 30–40. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/904827 adresinden erişildi.

Guice, J. (1998). Looking backward and forward at the internet. *Information Society*, *14*(3), 201–211. doi:10.1080/019722498128827

Günen, E. (2020). Nonce Nedir ? Bitcoin Madenciliğinde Nonce Ne Demek ? *Cointelegraph*. 13 Nisan 2022 tarihinde https://tr.cointelegraph.com/news/what-is-nonce-what-is-the-meaning-of-cryptographic-nonce adresinden erişildi.

Güngür, G. (2019). Blokzincir (Blockchain) Teknolojisinin Muhasebe ve Denetime Etkisi. *Vergi Raporu*, (236), 157–163.

Güven, V. ve Şahinöz, E. (2021). *Blokzincir-Kriptoparalar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*. (M. M. Özeren, Ed.) (7. Baskı.). İstanbul: Kronik Kitap.

Haber, S. ve Stornetta, W. S. (1991). How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology*, *3*, 99–111. doi:10.1007/3-540-38424-3_32

Hafid, A., Hafid, A. S. ve Samih, M. (2020). Scaling Blockchains : A Comprehensive Survey. *IEEE Access*, *8*. https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9133427 adresinden erişildi.

Hazar, H. B. (2018). Blokzincir Teknolojisi ile Muhasebe Uygulamaları. *Vergi Dünyası*, (448), 45–54. http://drhulyahazar.com/images/blokzincir_teknolojisi_ile_muhasebe_uygulamalar_305_.pdf adresinden erişildi.

Hazine Müsteşarlığı. Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi Yönetmeliği (2013). Hazine Müsteşarlığı.

Hazine ve Maliye Bakanlığı. 306 SIRA NO ' LU VERGİ USUL KANUNU GENEL TEBLİĞİ Resmi Gazete No : (2002). Ankara. https://www.gib.gov.tr/node/87656/pdf adresinden erişildi.

Hazine ve Maliye Bakanlığı. (2002b). *ÖTV (I) Sayılı Liste Uygulama Genel Tebliği*. https://www.gib.gov.tr/fileadmin/user_upload/Tebligler/OTV_Kanunu/uygulama1/otv_I_sayili_uyggenteb.pdf adresinden erişildi.

Hazine ve Maliye Bakanlığı. Elektronik Defter Genel Tebliği (Sıra No:1) (2011). Ankara. https://www.edefter.gov.tr/dosyalar/tebligler/1_Sira_Nolu_Elektronik_Defter_GT_Guncel.pdf adresinden erişildi.

Hileman, G. ve Rauchs, M. (2017). *2017 Global Blockchain Benchmarking Study*. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.3040224

Hofmann, F., Wurster, S., Ron, E. ve Böhmecke-Schwafert, M. (2017). The Immutability Concept of Blockchains and Benefits of Early Standardization. *Proceedings of the 2017 ITU Kaleidoscope Academic Conference: Challenges*

for a Data-Driven Society, ITU K 2017 içinde (1–8). doi:10.23919/ITU-WT.2017.8247004

Holochain. (y.y.). How it Works A Holochain App : Step-by-Step. *Holochain.org*. https://www.holochain.org/how-does-it-work/ adresinden erişildi.

Iteam. (2019). Blockkedjeinspirerade tekniklösningar. *GıtHub*. https://github.com/Iteam1337/digital-receipts/blob/master/Project-Background/Blockkedjeinspirerade tekniklösningar IN ENGLISH JTMK.docx adresinden erişildi.

Jiang, Z.-X. ve Tsay, R.-S. (2019). *A Double-Linked Blockchain Approach Based on Proof-of- Refundable-Tax Consensus Algorithm*. https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2109/2109.06520.pdf adresinden erişildi.

Kamu Sertifikasyon Merkezi. (2021). Zaman Damgası Nedir? *Tubitak*. 20 Nisan 2022 tarihinde https://kamusm.bilgem.tubitak.gov.tr/urunler/zaman_damgasi/ adresinden erişildi.

Karaarslan, E. ve Konacakli, E. (2020). *Data Storage in the Decentralized World : Blockchain and Derivatives*. https://www.researchgate.net/publication/347444005_Data_Storage_in_the_Decentralized_World_Blockchain_and_Derivatives/citation/download adresinden erişildi.

Karadağ, N. C. ve Yakar, S. (2018). Ticari Kazancın Belirleyicisi Olarak "Devamlılık": Türk Ticaret Kanunu ve Gelir Vergisi Kanunu Çerçevesinde Bir Değerlendirme. *Maliye Dergisi*, *174*, 372–401. https://ms.hmb.gov.tr/uploads/2019/09/174-18.pdf adresinden erişildi.

Karamanlıoğlu, A. (2018). Concept of Smart Contracts – A Legal Perspective. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (35), 29–42. https://dergipark.org.tr/tr/pub/kosbed/issue/43237/525052 adresinden erişildi.

Kardaş, S. (2019). Blokzincir Teknolojisi: Uzlaşma Protokolleri. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, *10*(2), 481–496. doi:10.24012/dumf.426805

Kemeç, A. (2022). Akıllı Ülke Deneyimlerinin Karşılaştırılması: Estonya ve Singapur Örnekleri. *Kent Akademisi*, *15*(2), 630–647. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2215841 adresinden erişildi.

Keskin, O. E. (2019). *Block Zincir (Blockchain)Teknolojisi: Mimarisi ve Uygulama Alanları*. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Kim, Y. R. (2021). *Blockchain Initiatives For Tax Administration*. 247. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3798136 adresinden erişildi.

King, S. ve Nadal, S. (2012). PPCoin: Peer-to-Peer Crypto-Currency with Proof-of-Stake. 15 Nisan 2022 tarihinde https://bitcoin.peryaudo.org/vendor/peercoin-paper.pdf adresinden erişildi.

Kivimäki, P. (2018). There Is No Blockchain Technology in X-Road. *Nordic Institute for Interoperability Solutions*. https://www.niis.org/blog/2018/4/26/there-is-no-blockchain-technology-in-the-x-road adresinden erişildi.

Knapp, M. (2022). The United States Is Behind The Curve On Blockchain. *WarOnTheRocks*. https://warontherocks.com/2022/08/the-united-states-is-behind-the-curve-on-blockchain/ adresinden erişildi.

Kodaz, H. ve Botsalı, F. M. (2010). Simetrik ve Asimetrik Şifreleme Algoritmalarının Karşılaştırılması. *Selcuk Üniversitesi TeknikOnline Dergi*, *9*, 10–23.

Krishnapriya, S. ve Sarath, G. (2020). Securing Land Registration using Blockchain. *Procedia Computer Science*, *171*(2019), 1708–1715. doi:10.1016/j.procs.2020.04.183

Landerreche, E. ve Stevens, M. (2018). On Immutability of Blockchains. *Proceedings of 1st ERCIM Blockchain Workshop 2018. European Society for Socially Embedded Technologies (EUSSET)*, 1–8. doi:10.18420/blockchain2018

Lashkari, B. ve Musilek, P. (2021). A Comprehensive Review of Blockchain Consensus Mechanisms. *IEEE Access*, *9*, 43620–43652. doi:10.1109/ACCESS.2021.3065880

Lexcio. (2022). Akıllı Sözleşmeler. *Lexc.io*. https://lexc.io/facere-iaculis-etiam-iaculis-excepteur adresinden erişildi.

Li, J., Bao, N. J., Hu, S., Hu, W. ve Zerbino, M. (2020). Digitalization and International Tax Dispute Resolution: A Window of Opportunity for BRITACOM. *Belt and Road Initiative Tax Journal*, *1*(2), 51–63. https://www.britacom.org/gkzljxz/dzqk/202012/P020201229609118824967.pdf adresinden erişildi.

Li, X., Jiang, P., Chen, T., Luo, X. ve Wen, Q. (2020). A survey on the security of blockchain systems. *Future Generation Computer Systems*, *107*, 841–853. doi:10.1016/j.future.2017.08.020

Liang, Y. C. (2020). Blockchain for dynamic spectrum management. *Signals and Communication Technology*, 121–146. doi:10.1007/978-981-15-0776-2_5

Lu, Z. (2019). Bis : A Novel Blockchain based Bank-tax Interaction System in Smart City. *2019 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCom/CyberSciTech)* içinde (1008–1014). IEEE. doi:10.1109/DASC/PiCom/CBDCom/CyberSciTech.2019.00183

Makridakis, S. ve Christodoulou, K. (2019). Blockchain : Current Challenges and Future Prospects / Applications. *Future Internet*, *11*(12), 1–16. https://www.mdpi.com/1999-5903/11/12/258 adresinden erişildi.

Maliye Bakanlığı. 60 Seri No'lu Damga Vergisi Kanunu Genel Tebliği (2016). https://gib.gov.tr/node/114816/pdf adresinden erişildi.

Martinovic, I., Kello, L. ve Sluganovic, I. (2016). *Blockchains for Governmental Services: Design Principles, Applications, and Case Studies*. *Where Is Current Research on Blockchain Technology?—A Systematic Review Plos One*. https://www.ctga.ox.ac.uk/sites/default/files/ctga/documents/media/wp7_martinovickellosluganovic.pdf adresinden erişildi.

Marubeni. (2017). *Conclusion of trade Transaction Using Blockchain and Distributed Ledger Technology*. https://www.marubeni.com/en/news/2017/release/201707072.pdf adresinden erişildi.

Matin, M. A., Hossain, M. M., Islam, M. F., Islam, M. N. ve Mofazzal Hossain, M. (2008). Performance evaluation of symmetric encryption algorithm in manet and WLAN. *International Journal of Computer Science and Network Security*, *8*(12), 280–286. doi:10.1109/TECHPOS.2009.5412055

Mattlila, J. (2016). *The Blockchain Phenomenon*. *Berkeley Roundtable on The International Economy (BRIE)* (C. 1). California. doi:10.1007/s11002-020-09542-8

McKelvey, F. ve Driscoll, K. (2019). ARPANET and its boundary devices: modems, IMPs, and the inter-structuralism of infrastructures. *Internet Histories*, *3*(1), 31–50. doi:10.1080/24701475.2018.1548138

Mendi, A. F., Sakakli, K. K. ve Cabuk, A. (2020). A Blockchain Based Land Registration System Proposal for Turkey. *4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, ISMSIT 2020 - Proceedings*. doi:10.1109/ISMSIT50672.2020.9255078

Mete, S. (2019). *Blok Zincir Sistemlerinin Finans Piyasalarındaki Yeri ve Kripto Paralarda Fiyat Balonlarının İncelenmesi*. İstanbul Ticaret Üniversitesi.

MHUD. (2021). *Beyanname Düzenleme Kılavuzu (1. Kitap Gelir Vergisi)*. İstanbul: Maliye Hesap Uzmanları Derneği.

Ministreo de Economia. (2019). Single Tax Registry. *Ministreo de Economia Web Page*. https://www.argentina.gob.ar/economia/politicatributaria/armonizacion/registrounicotributario adresinden erişildi.

Mokeeva, N. N., Frais, V. E. ve Pankov, V. . (2020). Foreign and Russian Experience of Blockchain Digitization by Central Banks , Financial , and Technology Companies. *2nd International Scientific and Practical Conference "Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth" (MTDE 2020)* içinde (C. 138, 817–823). Atlantis Press SARL. https://www.researchgate.net/publication/341350674_Foreign_and_Russian_Experience_of_Blockchain_Digitization_by_Central_Banks_Financial_and_Technology_Companies/fulltext/5ebbf101299bf1c09ab9d86d/Foreign-and-Russian-Experience-of-Blockchain-Digitization-by adresinden erişildi.

Morey, J. (2021). The Future Of Blockchain In Healthcare. *Forbes Technology*, 1–19. https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/10/25/the-future-of-blockchain-in-healthcare/?sh=58df2188541f adresinden erişildi.

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin : A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf adresinden erişildi.

Narayanam, K., Goel, S., Singh, A., Shrinivasan, Y., Chakraborty, S., Selvam, P., … Verma, M. (2020). Blockchain Based e-Invoicing Platform for Global Trade. *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Blockchain, Blockchain 2020* içinde (385–392). doi:10.1109/Blockchain50366.2020.00056

Natarajan, H., Krause, S. K. ve Gradstein, H. L. (2017). *Distributed Ledger Technology (DLT) and Blockchain*. *World Bank Group*. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/177911513714062215/distributed-ledger-technology-dlt-and-blockchain adresinden erişildi.

Nguyen, V., Pham, H., Tran, T., Huynh, H. ve Nakashima, Y. (2019). Digitizing Invoice and Managing VAT Payment Using Blockchain Smart Contract. *2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)* içinde (74–77). IEEE. doi:doi: 10.1109/BLOC.2019.8751256

Nordic Institute For Interoperability Solutions. (2016). X-Road History. *NIIS*. https://x-road.global/xroad-history adresinden erişildi.

OECD. (2020). *OECD Blockchain Primer*. *OECD*. https://www.oecd.org/finance/OECD-Blockchain-Primer.pdf adresinden erişildi.

Ofori, D. A., Anjarwalla, P., Mwaura, L., Jamnadass, R., Stevenson, P. C., Smith, P., … Slaton, N. (2020). Smart Money Leads The Way to More Customer-Firendly and Transparent Services. *TietoEvry*. https://www.tietoevry.com/en/newsroom/all-news-and-releases/other-news/2020/03/smart-money-leads-the-way-to-more-customer-friendly-and-transparent-services/ adresinden erişildi.

Ölçer, S. (2019). Vergisel İşlemlerin Dijital Dönüşümü Sürecinde Blok Zincir (Blockchain) Teknolojisinin Rolü. *Vergi Raporu*, (236), 284–301.

OPSI (OECD). (2019). Reducing Friction in Trade (RFIT). https://oecd-opsi.org/innovations/reducing-friction-in-trade-rfit/ adresinden erişildi.

Ornua. (2016). Ornua completes world first Blockchain trade through collaboration with Barclays. *Ornua Co-operative Ltd.* https://www.ornua.com/ornua-completes-world-first-blockchain-trade-through-collaboration-with-barclays/ adresinden erişildi.

Owens, J. ve de Jong, J. (2017). Taxation on the Blockchain: Opportunities and Challenges. *Tax Notes International*, *Aug 7*(6), 601–612. https://www.wu.ac.at/fileadmin/wu/d/i/taxlaw/institute/WU_Global_Tax_Policy_Center/Articles_by_Owens/Owens_de_Jong__2017__Taxation_on_the_Blockchain.pdf adresinden erişildi.

Öz, E. ve Armağan, A. (2018). Yargı Organları Kararlarına Göre Vergi Kaçakçılığı Suçlarını Önlemede Adli Vergi Cezalarının Rolü. *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi*, *33*(33), 1–38. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/980925 adresinden erişildi.

Özaltın, O. ve Ersoy, M. (2020). Kamu Yönetiminde Blokzincir Kullanımı: D5 Örneği. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, *10*(2), 746–763. doi:10.30783/nevsosbilen.748379

Özbek, B. (2021). Gayrimenkul Satış Kazançlarının Vergilendirilmesi. *İŞ ve Hayat Dergisi*, *14*(193), 109–117. https://www.sekeris.org.tr/dergi/multimedia/dergi/167_gayrimenkul_satis_kazanclarinin_vergilendirilmesi.pdf adresinden erişildi.

Papa, S. F. (2017). Use of Blockchain Technology in Agribusiness: Transparency and Monitoring in Agricultural Trade. *Advances in Economics, Business and Management Research*, *31*(Msmi), 38–40. doi:10.2991/msmi-17.2017.9

Pedreño, E. P., Gelashvili, V. ve Nebreda, L. P. (2021). Blockchain and its application to accounting. *Intangible Capital*, *17*(1), 1–16. doi:10.3926/IC.1522

Pekdemir, E. (2021). *The Use Of Blockchain Technology in Public Administration: Implications for Turkey*. https://open.metu.edu.tr/bitstream/handle/11511/93097/index.pdf adresinden erişildi.

Pessarlay, W. (2022). Russian state-owned company builds blockchain-based replacement for SWIFT. *Coingeek*. https://coingeek.com/russian-state-owned-company-builds-blockchain-based-replacement-for-swift/ adresinden erişildi.

Portilla, D. L., Kappos, D. J., Ngo, M. Van, Rosenrhal-Larrea, S., Buretta, J. D. ve Fargo, C. K. (2022). Blockchain in the Banking Sector: A Review of The Landscape and Opportunities. *Harward Law School Forum on Corporate Governance*. 24 Eylül 2022 tarihinde https://corpgov.law.harvard.edu/2022/01/28/blockchain-in-the-banking-sector-a-review-of-the-landscape-and-opportunities/ adresinden erişildi.

Prokofieva, M. ve Miah, S. J. (2019). Blockchain in healthcare. *Australasian Journal of Information Systems*, *23*, 1–22. doi:10.3127/ajis.v23i0.2203

PwC. (2022). *Tax Disruption Report 2021 / 2022*. Zurich. https://www.pwc.ch/en/publications/2022/tax-disruption-report-2021-2022_EN_web.pdf adresinden erişildi.

Qiu, T., Zhang, R. ve Gao, Y. (2019). Ripple vs. SWIFT: Transforming Cross Border Remittance Using Blockchain Technology. *Procedia Computer Science*, *147*, 428–434. doi:10.1016/j.procs.2019.01.260

Raikwar, M., Gligoroski, D. ve Kralevska, K. (2019). SoK of Used Cryptography in Blockchain. *IEEE Access*, *7*, 148550–148575. doi:10.1109/ACCESS.2019.2946983

Rawat, D. B., Chaudhary, V. ve Doku, R. (2019). *Blockchain: Emerging Applications and Use Cases*. *Cornell University Arxiv*. http://arxiv.org/abs/1904.12247 adresinden erişildi.

Regeringskansliet. (2019). *Blockchain in the public sector in Sweden*. https://northsearegion.eu/media/9469/david-suomalainen_blockchain-in-the-public-sector-in-sweden_juni-gothenburg.pdf adresinden erişildi.

Republic of Estonia Ministry of Economic Affairs and Communications. (y.y.). Income Tax Return Filing in Estonia. *Incorporate Web Page*. https://incorporate.ee/learning-centre/income-tax-return-filing-estonia adresinden erişildi.

Roberts, C. (2022). Blockchain technologies for governments. *ResearchGate*. doi:10.13140/RG.2.2.23578.98248

Ruiz, J. (2020). *Public-Permissioned Blockchains as Common-Pool Resources*. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02477405/document adresinden erişildi.

Şahin, F. (2015). Modern Blok Şifreleme Algoritmarları. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, *26*, 23–40. doi:doi: 10.17932/ IAU.IAUD.m.13091352.2015.7/26.15-21

Sara Technologies. (2021). Blockchain Accounting. *Sara Technologies Web Page*. https://www.saratechnologies.com/blockchain-accounting-software adresinden erişildi.

Sarılı, M. A. (2002). Türkiye'de Kayıtdışı Ekonominin Boyutları, Nedenleri, Etkileri ve Alınması Gereken Tedbirler. *Bankacılar Dergisi*, *41*, 32–50. https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://www.tbb.org.tr/dosyalar/arastirma_ve_raporlar/kayitdisi_haziran2002.doc&ved=2ahUKEwj0nIro5sv8AhUqRPEDHdrCD9M4ChAWegQIBBAC&usg=AOvVaw2Bu9ealXvvBtpNV0IRmGdS adresinden erişildi.

Sarmah, S. S. (2018). Understanding Blockchain Technology. *Computer Science and Engineering*, *8*(2), 23–29. doi:10.5923/j.computer.20180802.02

Semenzin, S., Rozas, D. ve Hassan, S. (2022). Blockchain-based application at a governmental level : Disruption or illusion ? The case of Estonia. *Policy and Society*, *41*(1), 1–16. https://www.researchgate.net/publication/359908026_Blockchain-based_application_at_a_governmental_level_disruption_or_illusion_The_case_of_Estonia adresinden erişildi.

Şen, F. (2019). Dağıtık Kayıt Teknolojisi. *Gümrük Ticaret Dergisi*, *17*, 85–94. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/830868 adresinden erişildi.

Sermaye Piyasası Kurulu. (2022). *Girişim Sermayesi Yatırım Fonu Yatırımcı Bilgilendirme Kitapçığı*. https://spk.gov.tr/data/61e34f9a1b41c61270320792/17-Girisim Sermayesi Yatırım FONU.pdf adresinden erişildi.

Setyowati, M. S., Utami, N. D., Saragih, A. H. ve Hendrawan, A. (2020a). Blockchain Technology Application for Value-Added Tax Systems. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *6*(4), 156. doi:doi:10.3390/joitmc6040156

Setyowati, M. S., Utami, N. D., Saragih, A. H. ve Hendrawan, A. (2020b). Blockchain technology application for value-added tax systems. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *6*(4), 1–27. doi:10.3390/joitmc6040156

Sharma, T. K. (2019). Top Countries That Conducted Elections on Blockchain. *Blockchain Council*. 1 Ekim 2022 tarihinde https://www.blockchain-council.org/blockchain/top-countries-that-conducted-elections-on-the-blockchain/ adresinden erişildi.

Sherman, A. T., Javani, F., Zhang, H. ve Golaszewski, E. (2019). On the Origins and Variations of Blockchain Technologies. *IEEE Security and Privacy*, *17*(1), 72–77. doi:10.1109/MSEC.2019.2893730

Sheth, H. ve Dattani, J. (2019). Overview of Blockchain Technology. *Asian Journal of Convergence in Technology*, *05*(01), 1–4. doi:10.33130/ajct.2019v05i01.013

Shrivas, M. kumar ve Yeboah, T. (2018). The Disruptive Blockchain: Types, Platforms and Applications. *5th Texila World Conference for Scholars (TWCS) on Transformation: The Creative Potential of Interdisciplinary & Multidisciplinary Knowledge Exchange* içinde (20–26). doi:10.21522/tijar.2014.se.19.02.art003

Smith, C. (2022). Gas and Fees. *Ethereum.org*. 24 Nisan 2022 tarihinde https://ethereum.org/en/developers/docs/gas/ adresinden erişildi.

Søgaard, J. S. (2021). A blockchain-enabled platform for VAT settlement. *International Journal of Accounting Information Systems*, *40*, 100502. doi:10.1016/j.accinf.2021.100502

Sosyal Güvenlik Kurumu. (2022). *SGK 2021 Yılı Faaliyet Raporu*. Ankara. https://www.sgk.gov.tr/Download/DownloadFileStatics?f=2021FaaliyetRaporu.pdf&d=FAALİYET_RAPORLARI adresinden erişildi.

Starr, R. M. (1997). Delivering Instruction on the World Wide Web: Overview and Basic Design Principles. *Educational Technology*, *37*(3), 7–15. https://www.jstor.org/stable/44428391 adresinden erişildi.

Şuekinci, C. ve Çatıkkaş, Ö. (2020). Blok Zinciri Teknolojisinin Muhasebe Ve Vergilendirme Üzerine Etkileri. *Mali Çözüm Dergisi*, *30*(162), 51–65. http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=75a93aed-236c-4e77-9b87-f05b30653739%40sessionmgr4006 adresinden erişildi.

Summitto. (2020). Real-time invoice reporting vs confidential real-time invoice reporting. *Summitto*. https://blog.summitto.com/posts/invoice_reporting_vs_confidential_reporting/ adresinden erişildi.

Szabo, N. (1994). *Smart Contracts*. https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html adresinden erişildi.

Szabo, N. (2008). *Bit gold*. *Blogspot.com*. https://unenumerated.blogspot.com/2005/12/bit-gold.html%0Ahttps://unenumerated.blogspot.com/search?q=bit+gold adresinden erişildi.

T.C. Adalet Bakanlığı Adli Sicil ve İstatistik Genel Müdürlüğü. (2021). *Adalet İstatistikleri*. Ankara. https://adlisicil.adalet.gov.tr/Resimler/SayfaDokuman/9092022143819adalet_ist-2021.pdf adresinden erişildi.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (y.y.). Blokzincir Sözlüğü. 31 Ocak 2022 tarihinde https://cbddo.gov.tr/sss/blokzincir-sozlugu/ adresinden erişildi.

Tandaçgüneş, N. (y.y.). *İletişim Tarihi*. İstanbul. http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/radyotelevizyonsinema_ue/iletisimtarihi.pdf adresinden erişildi.

Tanrıverdi, M., Uysal, M. ve Üstündağ, M. T. (2019). Blokzinciri Teknolojisi Nedir ? Ne Değildir ?: Alanyazın İncelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 203–217. doi:10.17671/gazibtd.547122

TBMM. (1984). *Katma Değer Vergisi Kanunu Tasarısı ve Plan ve Bütçe Komisyonu Raporu (1/498)*. Ankara. https://www.tbmm.gov.tr/tutanaklar/TUTANAK/TBMM/d17/c007/tbmm17007016ss0130.pdf adresinden erişildi.

TBMM. Özel Tüketim Vergisi Kanunu Tasarısı ve Plan ve Bütçe Komisyonu Raporu (2002). https://www.corpus.com.tr/#!/Yasalar adresinden erişildi.

Team Blockdata. (2022). Top Banks Investing in Crypto and Blockchain May 2022 Update. *Blockdata*.

Tekelioğlu, N. (2022). Dijital Tapu Sicili: Blokzinciri Teknolojisinin Tapu Sicilinde Kullanılmasına Dair Karşılaştırmalı Bir İnceleme. *İstanbul Hukuk Mecmuası / Istanbul Law Review*, *80*(1), 1–39. doi:10.26650/mecmua.2022.80.1.001

Tektüfekçi, F. (2018). Türküye'de e-Dönüşüm Sürecinde Elektronik Belge ve Defter Kontrolü ile Denetimi Üzerine Bir İnceleme. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *1*(1), 101–119. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/565100 adresinden erişildi.

Tencent. (2018). China ' s First Blockchain E - invoice Issued in Shenzhen , Adding Another Application Scenario to Tencent Blockchain. *Tencent Web Page*. https://www.tencent.com/en-us/articles/2000006.html adresinden erişildi.

Tian, G. (2020). Blockchain, Regtech and Their Application tı Transfer Pricing In The Cloud. *Houston Business and Tax Law Journal*, *21 (1)*, 142–180. https://heinonline.org/HOL/PDFsearchable?handle=hein.journals/houbtalj21&collection=usjournals&section=8&id=&print=section&sectioncount=1&ext=.pdf&nocover=&display=0 adresinden erişildi.

Ticaret Bakanlığı. (2022a). İhracatta Gümrük Muayenesi. *Ticaret Bakanlığı Gümrük Rehberi*. https://gumrukrehberi.gov.tr/sayfa/ihracatta-gümrük-muayenesi adresinden erişildi.

Ticaret Bakanlığı. (2022b). *Ticaret bakanliği 2022 yili faaliyet raporu*. https://ticaret.gov.tr/data/63fe041613b876614c89335b/TİCARET BAKANLIĞI 2022 YILI FAALİYET RAPORU .pdf adresinden erişildi.

TOPCU, B. A. ve SARIGÜL, S. S. (2020). Dünyada ve Türkiye'de Blok Zinciri Teknolojisi: Finans Sektörü, Dış Ticaret ve Vergisel Düzenlemeler Üzerine Genel Bir Değerlendirme. *European Journal of Science and Technology*, (April), 27–39. doi:10.31590/ejosat.araconf5

Turgut, E. (2020). *Kripto Para ve Şifreleme Teknolojisi: Ekonometrik Veri Analizi*. http://acikerisim.ohu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11480/7585/Kripto para ve şifreleme teknolojisi Ekonometrik veri analizi.pdf?sequence=1&isAllowed=y adresinden erişildi.

Turğut, M. (2022). 5607 Sayılı Kaçakçılıkla Mücadele Kanunu Kapsamında Gümrük Kaçakçılığı Türleri. *Gümrü*, *30*, 22–34. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2607770 adresinden erişildi.

Uğur, A. A. ve Çütçü, İ. (2009). E-Devlet ve Tasarruf Etkisi Kapsamında VEDOP Projesi. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, *2*(1), 1–20. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/117222 adresinden erişildi.

Ünal, G. ve Uluyol, Ç. (2020). Blok Zinciri Teknolojisi Blockchain Technology. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, *15*(2), 167–175. doi:10.17671/gazibtd.516990

UNCTAD. (2021). HARNESSING BLOCKCHAIN FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT : PROSPECTS AND CHALLENGES HARNESSING BLOCKCHAIN FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT : *United Nations COnference on Trade and Development* içinde . Geneva: United Nations. https://unctad.org/system/files/official-document/dtlstict2021d3_en.pdf adresinden erişildi.

Usta, A. ve Doğantekin, S. (2018). *Blockchain 101 v2*. *Bankalar Arası Kart Merkezi*. Bankalar Arası Kart Merkezi. https://bkm.com.tr/wp-content/uploads/2019/08/15082019_kitap.pdf adresinden erişildi.

Uyar, Ö. (2014). (I) Sayılı Listede Yer Alan Mallar İçin ÖTV İade Sistemi. *Vergi Raporu*, *172*, 73–85. https://vergiraporu.com.tr/upImage/org/2014-172-I_Sayili_Listede_Yer_Alan_Mallar_Icin_Otv_Iade_Sistemi-Ozgur_Uyar .pdf adresinden erişildi.

Vanguard X. (2022). What is the story of Stefan Thomas and his lost millions of dollars ? *Vanguard X*. 4 Mayıs 2022 tarihinde https://vanguard-x.com/blockchain/lost-millions-in-bitcoin/ adresinden erişildi.

Vasquez, G. (2021). An Introduction to Blockchain. *The CPA Journal*, *June/July*, 1–5. https://www.cpajournal.com/2021/08/18/an-introduction-to-blockchain/ adresinden erişildi.

Vergi Denetim Kurulu. (2021). *Vergi Denetim Kurulu 2021 Faaliyet Raporu*. *Vergi Denetim Kurulu*. https://ms.hmb.gov.tr/uploads/2022/04/VDK-2021-Birim-Faaliyet-Raporu.pdf adresinden erişildi.

Vergi Denetim Kurulu. (2022). *Vergi Denetim Kurulu Başkanlığı 2022 Faaliyet Raporu*. *Vergi Denetim Kurulu*. Ankara. https://ms.hmb.gov.tr/uploads/sites/17/2023/03/Vergi-Denetim-Kurulu-Baskanligi-2022-Yili-Faaliyet-Raporu.pdf adresinden erişildi.

Vergi Müfettişleri Derneği. (2021). *Beyanname Düzenleme Rehberi (1. Kısım Gelir Vergisi)*. Ankara: Vergi Müfettişleri Derneği.

Vergi Müfettişleri Derneği. (2022a). *Beyanname Düzenleme Rehberi (1. Kısım Gelir Vergisi Kanunu)*. Ankara: Vergi Müfettişleri Derneği.

Vergi Müfettişleri Derneği. (2022b). *Beyanname Düzenleme Rehberi (2. Kısım Kurumlar Vergisi Rehberi)*. Ankara.

VeroSkatt. (2021). Towards Automated Taxation. *VeroSkatt Official Web Page*. https://www.vero.fi/en/About-us/finnish-tax-administration/the-development-of-digitalization-in-tax-administration/towards-automated-taxation/ adresinden erişildi.

Wijaya, D. A., Junis, F. ve Suwarsono, D. A. (2018). Smart stamp duty. *arXiv preprint arXiv:1812.04116*, 1–12. https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1812/1812.04116.pdf adresinden erişildi.

Xu, Y. ve Zhang, Z. (2022a). Blockchain and Its Implications for Tax Administration in the People's Republic of China. N. Hendriyetty, C. Evans ve C. J. Kim (Ed.), *Taxation in the Digital Economy New Models in Asia and the Pasific* içinde (128–149). Routledge. https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:yS9OZHc2DUYJ:schola

r.google.com/+shenzhen+blockchain+invoice&hl=tr&as_sdt=0,5 adresinden erişildi.

Xu, Y. ve Zhang, Z. (2022b). Blockchain and Its Implications for Tax Administration In The Poeple's Republic of China. N. Hendriyetty, C. Evans, C. J. Kim ve F. Taghizadeh-Hesary (Ed.), *Taxation in the Digital Economy New Models in Asia and the Pasific* içinde (128–149). London: Routledge. https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/57262/9781000636499.pdf?sequence=1#page=151 adresinden erişildi.

Yang, J., Hou, H., Li, H. ve Zhu, Q. (2021). One Method for Implementing Privacy Protection of Electronic Invoices Based on Blockchain. *Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Power Electronics, Computer Applications, ICPECA 2021* içinde (99–104). doi:10.1109/ICPECA51329.2021.9362671

Yang, R., Wakefield, R., Lyu, S., Jayasuriya, S., Han, F., Yi, X., … Chen, S. (2020). Public and private blockchain in construction business process and information integration. *Automation in Construction*, *118*(February), 103276. doi:10.1016/j.autcon.2020.103276

Yano, M., Dai, C., Masuda, K. ve Kishimoto, Y. (2020). *Blockchain and Crypt Currency: Building a High Quality Marketplace for Crypt Data*. https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-15-3376-1 adresinden erişildi.

Yaşa, A. A. (2022). Kamu Sektöründe Blokzincir Teknolojisi Kullanımı: Türkiye 'de Mevcut Durum Analizi. *Journal of Yasar University*, *17*(66), 615–633. https://dergipark.org.tr/tr/pub/jyasar/issue/70225/1065406 adresinden erişildi.

Yıldız, Y. (2019). Kişisel Verilerin Korunmasının Vergi Mahremiyeti ile Etkileşimi. *Kişisel Verileri Koruma Dergisi*, *1*(2), 1–16. https://dergipark.org.tr/tr/pub/kvkd/issue/50609/629616 adresinden erişildi.

Yılmaz, M. ve Ballı, S. (2016). Veri Şifreleme Algoritmalarının Kullanımı İçin Akıllı Bir Seçim Sistemi Geliştirilmesi. *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, *2*(2), 18–28. doi:10.18640/ubgmd.303580

Zamyatin, A., Stifter, N., Schindler, P., Weippl, E. ve Knottenbelt, W. J. (2018). Flux: Revisiting Near Blocks for Proof-of-Work Blockchains. *Cryptology ePrint Archive*, 1–14. https://eprint.iacr.org/2018/415.pdf adresinden erişildi.

Zhang, S. ve Lee, J. H. (2020). Analysis of the main consensus protocols of blockchain. *ICT Express*, *6*(2), 93–97. doi:10.1016/j.icte.2019.08.001

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X. ve Wang, H. (2017). An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. *Proceedings - 2017*

IEEE 6th International Congress on Big Data, BigData Congress 2017 içinde (557–564). IEEE. doi:10.1109/BigDataCongress.2017.85