

Iiro Kinnunen

# HAJAUTETTUJEN AUTONOMISTEN ORGANISAATIOIDEN KÄYTTÖTARKOITUKSET



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA  
2023

# TIIVISTELMÄ

Kinnunen, Iiro

Hajautettujen autonomisten organisaatioiden käyttötarkoitukset

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2023, 79 s.

Tietojärjestelmätiede, pro gradu -tutkielma

Ohjaaja: Siponen, Mikko

Maailmamme on viime vuosikymmenten aikana käynyt läpi erittäin nopeasti kiihtyneen teknologiakehityksen. Viime vuosien merkittävimpiä teknologisia innovaatioita ovat olleet lohkoketjut ja niiden mahdollistamat hajautetut autonomiset organisaatiot (Decentralized Autonomous Organization, DAO). DAO on lohkoketjuteknologiaan ja älysopimukseen perustuva virtuaalinen organisaatiomalli, jossa päätöksentekoprosessia ja varainhallintaa ohjataan kollektiivisesti ilman keskitettyä hallintoa. Lohkoketjupohjaisten hallintomallien, pääasiassa DAO:iden, ajankohtaisuudesta, monista mielenkiintoisista käyttötapauksista ja kasvavasta taloudellisesta merkityksestä huolimatta tieteellisessä kirjallisuudessa on vielä melko vähän ymmärrystä niiden ekosysteemien toiminnasta. Myös lohkoketjuteknologia ja sen muut sovelluskohteet ovat vielä pääasiassa suunnittelu- tai määrittelyvaiheessa, eikä aihealueista ole olemassa juurikaan vakiintuneita teorioita. Tästä syystä tutkijat ovat alkaneet vaatimaan tarkempia selvityksiä esimerkiksi erilaisten DAO-tyyppien tunnistamiseksi ja luokitteluksi. Tämän tutkielman tavoitteena on sekä edistää lohkoketjutieteen tutkimusta että havainnollistaa hajautettujen autonomisten organisaatioiden potentiaalia ja laaja-alaisuutta tyypittelemällä niiden keskeisimmät käyttötarkoitukset. Tutkimuksessa tunnistetaan yhdeksän erilaista DAO:iden käyttötarkoituskategoriaa, joita tarkennetaan ja vertaillaan niin niiden markkina-arvojen, perustamisvuosien kuin lohkoketjutuenkin näkökulmista.

Asiasanat: organisoituminen, organisaatiot, lohkoketjut, älysopimus, hajautettu autonominen organisaatio, DAO

## ABSTRACT

Kinnunen, Iiro

Uses of Decentralized Autonomous Organizations

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2023, 79 pp.

Information Systems, Master's Thesis

Supervisor: Siponen, Mikko

The last few decades have seen a rapidly accelerating pace in the development of modern technologies. Blockchains and decentralized autonomous organizations (DAOs) built on top of them have been among the most significant technological innovations of recent years. A DAO is a collectively owned virtual organizational structure based on blockchain technology and smart contracts, where the decision-making process and treasury management are governed without a central authority. Despite the novelty, many interesting use cases, and growing economic importance of blockchain-based governance models, there is still quite little understanding of the functioning of DAO ecosystems in the scientific literature. Blockchain technology and its other applications are also still in the definition phase, and there are hardly any well-established theories in the field. Researchers have since called for more in-depth investigations to identify and classify different DAO types. The aim of this thesis is both to promote the research of blockchain science and to illustrate the potential and pervasive nature of decentralized autonomous organizations by typifying the main use cases of DAOs. This study identifies and categorizes nine types of DAOs, which are then specified and compared from the perspectives of their market capitalizations, foundation years, and utilized blockchains.

Keywords: organization, blockchain, smart contract, decentralized autonomous organization, DAO

## KUVIOT

KUVIO 1 Ensimmäisen kerroksen lohkoketjujen ekosysteemi .....	22
KUVIO 2 Esimerkki Solidity-ohjelmointikielen älysopimuksesta .....	30
KUVIO 3 Hajautettujen autonomisten organisaatioiden toimintaperiaate .....	37
KUVIO 4 DAO-kategoriat ja niiden yleisyys.....	56
KUVIO 5 DAO-kategorioiden prosentuaaliset osuudet .....	56
KUVIO 6 DAO-kategorioiden markkina-arvot yhteensä ja keskiarvoittain.....	58
KUVIO 7 DAO:iden perustamisvuosilukujen esiintyvyys aineistossa .....	60
KUVIO 8 DAO-kategorioissa käytetyt lohkoketjut .....	61
KUVIO 9 DAO:iden käyttämien lohkoketjujen esiintyvyys aineistossa .....	62

## TAULUKOT

TAULUKKO 1 Listaus DAO-kategorioiden markkina-arvoista .....	57
TAULUKKO 2 DAO:iden perustamisvuodet kategorioittain tarkasteltuna .....	59

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
KUVIOT .....	4
TAULUKOT .....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Keskeiset käsitteet.....	8
1.2 Tutkimuksen rakenne .....	9
2 IHMISTEN ORGANISOITUMINEN.....	10
2.1 Organisaatioteoriat .....	10
2.1.1 Järjestelmäteoria .....	11
2.1.2 Kontingenssiteoria .....	12
2.1.3 Agenttiteoria .....	13
2.1.4 Toimijaverkkoteoria.....	14
2.2 Organisaatioiden toiminta.....	15
2.2.1 Ominaisuudet .....	15
2.2.2 Organisaatorakenteet.....	17
2.2.3 Organisaatiotyypit ja toimialat.....	18
3 LOHKOKETJUT MAHDOLLISTAJANA.....	20
3.1 Lohkoketjujen toiminta ja rakenne.....	20
3.2 Julkiset lohkaketjut.....	21
3.2.1 Ethereum .....	23
3.2.2 Muut lohkaketjut.....	23
3.2.3 Toisen kerroksen protokollat ja sivuketjut .....	24
3.3 Konsensusmekanismit .....	25
3.3.1 Proof of Work.....	26
3.3.2 Proof of Stake .....	26
3.3.3 Delegated Proof of Stake .....	27
3.3.4 Muut.....	27
3.4 Älysopimukset .....	28
3.4.1 Historia ja toimintaperiaate .....	29
3.4.2 Hyödyt .....	30
3.4.3 Haasteet .....	31
3.5 Hajautetut sovellukset .....	32

4	HAJAUTETUT AUTONOMISET ORGANISAATIOT .....	34
4.1	Lyhyt historia .....	34
4.2	Uudenlainen tapa organisoitua .....	35
4.2.1	Hyödyt .....	38
4.2.2	Haasteet .....	39
4.3	Hallinnointitavat ja -oikeudet .....	40
4.3.1	Jäsenyysmallit .....	40
4.3.2	Äänestysjärjestelmät .....	41
4.4	Roolit ja insentiivit .....	43
4.4.1	Perustajat ja kehittäjät .....	44
4.4.2	Sijoittajat ja kontribuutorit .....	45
4.4.3	Validaattorit ja louhijat .....	46
4.5	DAO-ekosysteemi .....	46
4.5.1	Yhteisö- ja protokolla -DAO .....	47
4.5.2	Palvelu-DAO .....	48
4.5.3	Sijoitus-DAO .....	48
5	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	49
5.1	Tutkimus ja sen tavoitteet .....	49
5.2	Aineiston kerääminen .....	50
5.3	Aineiston käsittely ja analysointi .....	51
5.3.1	Redusointi .....	52
5.3.2	Klusterointi .....	53
5.3.3	Abstrahointi .....	53
6	TUTKIMUSTULOKSET .....	55
6.1	Kategoriat .....	55
6.2	Markkina-arvot .....	57
6.3	Perustamisvuodet .....	59
6.4	Lohkoketjunalustat .....	61
7	POHDINTA JA YHTEENVETO .....	63
7.1	Johtopäätökset .....	63
7.2	Rajoitukset ja jatkotutkimus .....	66
	LÄHTEET .....	68

# 1 JOHDANTO

Organisaatioita voidaan pitää hyvin merkittävänä yhteiskunnallisina vaikuttajina, sillä suurin osa ihmisen toiminnasta tapahtuu erilaisissa organisaatioissa. Laloux (2014) esittää kirjassaan ”Reinventing Organizations - A Guide to creating Organizations Inspired by the Next Stage in Human Consciousness”, että ihmislaji on oman historiallisen kehityksensä ja oman tietoisuuden tasonsa kasvamisen myötä keksinyt jatkuvasti uudenlaisia tapoja organisoitua ja tehdä yhteistyötä. Erilaiset yhteiskunnalliset tekijät, kuten tiedon, teknologian ja palvelutarjonnan kasvu, kansainvälistyminen, yhteisöjä koskeva lainsäädäntö ja lisääntynyt vapaa-aika ovat lisänneet myös olemassa olevien organisaatioiden määrää ja tyyppejä. Näiden osatekijöiden muutos on vaikuttanut myös organisaatioiden toimintaan ja muuttanut niiden liiketoimintaympäristöä yhä globaalimmaksi, verkostomaisemmaksi, kompleksisemmaksi sekä dynaamisemmaksi (Overby, Bhadraraj & Sambamurthy, 2006; Puusa & Reijonen, 2011).

Laloux’n (2014) mukaan vanhat hierarkkiset organisaatiot eivät kykene nykyisellään vastaamaan kompleksisen maailman ihmisille asettamiin haasteisiin, vaan tarvitaan jaettuun johtajuuteen ja itseohjautuvuuteen perustuvaa johtamista hallintomallia. Tämä transmodernin ajan johtamiseksi kutsuttu ajattelutapa asettaa ihmiset organisaatioiden keskeiseksi voimavaraksi, jolloin organisaatio toiminnan keskiöön nousevat tiedon, kokemusten, ajatusten, arvostuksen ja luottamuksen jakaminen (Laloux, 2014). Ratkaisuna tälle työyhteisöjen uudelle organisoitumiselle on esitetty lohkoketjuteknologiaa, joka mahdollistaa täysin hajautetut, perinteiset toimialarajat ylittävät organisaatorakenteet, liiketoimintamallit ja palveluprosessit (Treiblmaier, 2018). Lohkoketjujen mahdollistamat hajautetut autonomiset organisaatiot (engl. decentralized autonomous organization, jatkossa myös ”DAO”) edustavat organisaatiosuunnittelun innovaatiota ja hajautettua liiketoimintamallia, jossa päätöksentekovalta on delegoitu automatisoidulle järjestelmälle ja päätökset tehdään kollektiivisesti ilman keskitettyä hallintoelintä (Ziegler & Welppe, 2022).

Vaikka lohkoketjuteknologian kasvava suosio ja DAO:iden entistä laajempi omaksuminen ovat herättäneet viime aikoina paljon keskustelua, on aiempi tutkimus keskittynyt pääasiassa yleisen tason kuvailevaan, teoreettiseen ja

hallinnolliseen näkökulmaan, jättäen jälkeensä tarpeen tutkia erilaisia DAO-tyyppejä ja selventää niiden relevantteja määritelmiä (Ziegler & Welp, 2022). Siksi tämän tutkielman tarkoituksena on edistää lohkoketjuteknologian tutkimusta esittelemällä sen mahdollistama uudenlainen organisaatorakenne. Samalla tutkimus pyrkii jäsentämään ja havainnollistamaan tutkimuskohteen, eli DAO-ekosysteemikokonaisuuden laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä mahdollisimman kokonaisvaltaisesti vastaamalla seuraaviin, toisiaan täydentäviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten hajautettuja autonomisia organisaatioita voidaan hyödyntää?
- Minkälaisia sovelluskohteita hajautetuilla autonomisilla organisaatioilla on?

Tämä kvalitatiivinen tutkimus toteutetaan suomalaisen Kleoverse-startupin Web3-työskentelyalustalta kerätyn DAO-aineiston syvemmän tarkastelun kautta. Tutkimuksessa menetelmällisenä ja tutkimuksellisenä lähestymistapana sovelletaan käsitteellisanalyyttistä viitekehystä, joka liittyy organisatoristen mekanismien ja käyttäjänovaatioiden edistämiseen informaatioteknologian tutkimusalueella (Järvinen, 2000). Analyysimenetelmänä toimii laadullinen, aineistolähtöinen sisällönanalyysi, joka toteutetaan aineiston jäsentelyn, tässä tapauksessa koodaamisen pohjalta. Tutkimuksessa koodaaminen toimii aineiston alkuvaiheen jäsentämistapana, jonka avulla aineisto saatetaan hallittavaan muotoon ja siitä paikannetaan keskeiset esille nousevat tutkimusasiakokonaisuudet. Tunnistettujen käyttötarkoitusten kategorisoinnin lisäksi tutkimustulosten avulla pyritään selventämään pääpiirteittäin, mitkä ovat DAO:iden eniten käyttämät lohkoketjuprotokollat, milloin DAO:ita on perustettu sekä millainen on DAO:iden taloudellinen merkittävyys.

## 1.1 Keskeiset käsitteet

<b>DAO</b>	Lohkoketjuteknologiaan perustuva organisaatiomuoto
<b>Ethereum</b>	Yksi tunnetuimmista julkisista lohkoketjuista
<b>Hajautettu sovellus</b>	Lohkoketjussa toimiva digitaalinen ohjelmisto, joka voi olla DAO:n hallinnoima
<b>Konsensusmekanismi</b>	Menetelmä verkon toiminnallisen yhteisymmärryksen saavuttamiseksi
<b>Kontribuuttori</b>	Jäsen, joka edistää DAO:n toimintaa ja saa vastineeksi omistusoikeuden
<b>Lohkoketju</b>	Hajautettu ja jaettu tietokanta tai verkko



<b>Rahake (token)</b>	Virtuaalivaluutta, joka mahdollistaa omistajuuden ja hallinnoinnin jakamisen DAO:ssa
<b>Validaattorit ja louhijat</b>	Lohkoketjun ylläpidosta vastaava solmu tai taho
<b>Web3</b>	Lohkoketjuihin perustuva hajautettu internet
<b>Älysovimus</b>	Lohkoketjuun tallennettava koodi, joka toimeenpanee itsensä ennalta määriteltyjen ehtojen perusteella

## 1.2 Tutkimuksen rakenne

Tutkielman teoriaosuus koostuu johdannon lisäksi kolmesta sisältöluvusta: ihmisten organisoitumisesta, lohkoketjuista mahdollistajana ja nämä yhteen vetävästä synteestistä, hajautetuista autonomisista organisaatioista. Lohkoketjuteknologian ekosysteemi ja sen sisältämät hajautetut autonomiset organisaatiot rakentuvat teorian kannalta useista eri teemoista. Ensimmäisessä sisältöluvussa listatut organisaatioteoriat muodostavat yhdessä tutkielmalle moniulotteisen viitekehysten, joka osoittaa mahdollisuuden lähestyä tutkimusaihetta useasta eri näkökulmasta käsin. Tässä yhteydessä on kuitenkin tärkeää huomioida, että lohkoketjuteknologia ja sen sovelluskohteet ovat usein vasta suunnittelu- tai määrittelyvaiheessa, joten sen teoreettiset lähestymistavat tulevat todennäköisesti vielä kehittymään ja tarkentumaan tulevaisuudessa. Organisaatioteorioiden ja organisaatioiden toiminnan rakenteellisten ominaispiirteiden käsittelyn jälkeen tutkielmassa tarkastellaan lohkoketjuteknologian ja sen mahdollistamien prosessien ominaisuuksia ja toimintaperiaatteita. Viimeisessä teorialuvussa organisoitumisen ja lohkoketjujen luomaa teoreettista pohjaa täydennetään varsinaisen tutkimuskohteen eli hajautettujen autonomisten organisaatioiden määrittelyllä.

Tutkielman empiirinen osuus muodostuu niin ikään kolmesta sisältöluvusta, jotka pitävät sisällään tutkimusmenetelmän esittelyn, saadut tutkimustulokset ja niiden analysoinnin, sekä pohdinnan ja yhteenvedon. Tutkimusmenetelmä-luvussa selvitetään aineistolähtöisen tutkimuksen laadulliset menetelmät ja empirian toteutustavat, tarkoituksena kuvata mahdollisimman aukottomasti, miksi mitään on tehty. Tätä seuraa tutkimustulokset ja analyysi -luku, joka purkaa aineiston analysoinnin tuloksena ilmenneet päälöydökset. Näin ollen luvussa esitellään sekä aineiston jäsentämisestä esiin nousseiden, usein esiintyvien piirteiden kautta tutkimuksessa luodut DAO-ilmiön laaja-alaisuutta hahmottelevat mallit että sisällönanalyysissa hyödynnetyt työkalut. Viimeisenä olevan pohdinta ja yhteenvedo -luvun tavoitteena on tuoda ilmi tutkimuksen keskeisimmät tulokset ja liittää ne tutkimuksen teoreettiseen taustaan. Samalla pohditaan saatujen tulosten merkittävyyttä ja rajoitettavuutta sekä niistä havaittuja soveltamis- ja jatkotutkimusmahdollisuuksia.

## 2 IHMISTEN ORGANISOITUMINEN

Ihmiset ovat kautta aikain organisoituneet tavoittelemaan yhdessä tärkeäksi koettuja asioita (Laloux, 2014). Ihmisten organisoitumisella tarkoitetaan ihmisjoukon vuorovaikutuksellista ja toiminnallista järjestäytymistä jonkin yhteisen tarkoituksen vuoksi. Tyypillisesti tämänkaltainen ihmisten yhteenliittyminen määritellään organisaatioksi, joka tarkoittaa nimenomaan joukkoa ihmisiä, jotka osallistuvat määriteltyjen tavoitteiden saavuttamiseen (Jones, 2013). Organisaation tehtävänä on nimensä mukaisesti organisoida ja koordinoida ihmisten toimintaa. Yleisesti sana organisointi viittaa asioiden käytännölliseen järjestelyyn, mikä näyttäytyy organisaatiokontekstissa muun muassa töiden, tehtävien, vastuiden ja valtuuksien jakamisena tai järjestämisenä. Näin ollen organisaatio voidaan ymmärtää sosiaalisena järjestelmänä, joka käsittää kaikki muodolliset ihmissuhteet (Whyte, 2013).

Organisaatioajattelu pyrkii ymmärtämään ja osin havainnollistamaan organisaatioiden toimintaa ja niiden monimutkaista rakentumista kaiken inhimillisen toiminnan myötä. Organisaatioajattelun ei yleensä nähdä edustavan ainoastaan yhtä teoriaa, vaan se on pikemminkin usean teorian yhdistämisestä kumpuavaa ajattelua (Puutio, 2013). Organisoitumisen vastavuoroisen luonteen ja hajautettujen autonomisten organisaatioiden perspektiivin hahmottamiseksi seuraavat alaluvut esittelevät muutamia erilaisia teoreettisia kehyksiä sekä tämän tutkimuksen kannalta keskeisiä organisaatioiden rakenteita, ominaisuuksia ja toimialoja.

### 2.1 Organisaatioteoriat

Organisaatioteoriaksi kutsutaan tutkimusta siitä, miten organisaatiot toimivat ja vuorovaikuttavat toimintaympäristöissään. Samalla organisaatioteoriat pyrkivät vastaamaan kysymyksiin siitä, miksi ja miten organisaatiot muodostuvat tietynlaisiksi (Jones, 2013). Organisaatioteoriat voidaan yrittää jäsentää ja kategorisoida monin eri tavoin, joista tässä tutkimuksessa käytetään kenties suosituinta,

ajallisen kehityksen mukaan luokittelua. Vuosikymmenten ajan tutkijat ovat kehittäneet monia erilaisia organisaatioteorioita ulottuen ensimmäisestä, 1910-luvulla yleistyneestä, Frederick Winslow Taylorin kehittämästä ”tieteellisestä liikkeenjohdosta” (engl. scientific management) aina 1990-luvun ”innovaatioteoriaan” (Harisalo, 2008).

Koska sekä organisaatioymmärryksen kehityksen monipuolisuus ja laaja-alaisuus että tutkimuskohteen autonominen ja hajautettu luonne tekevät sopivan organisaatioteorian nimeämisen vaikeaksi, on seuraavaksi esitettyjen, teoreettisen viitekehityksen muodostavien organisaatioteorioiden valinnassa hyödynnetty usean organisaatiotutkimuksen koulukunnan teoriakäsityksiä. Tarkasteltavaksi valittujen organisaatioteorioiden rajauksessa on tarkoituksenmukaisuuden lisäksi kiinnitetty huomiota niiden empiiriseen testattavuuteen, mikä osaltaan mahdollistaa otollisen perustan teoreettisten kehitelmien laatimiselle (Harisalo, 2008). Seuraavaksi esiteltävien teorioiden lisäksi mainitsemisen arvoisia paradigmoja ovat sellaiset niin tietojärjestelmätieteiden kuin lohkoketjujenkin tutkimuksessa aiemmin sovelletut ja laajalti käytetyt teorit, kuten transaktiokustannusteoria (transaction cost theory), institutionaalinen teoria (institutional theory) sekä resurssiperusteinen näkökulma (resource-based view, RBV).

### 2.1.1 Järjestelmäteoria

Yhtenä keskeisimmistä organisaatioteorioista voidaan pitää 1940-luvulla syntynyttä järjestelmä- eli systeemiteoriaa (engl. systems theory). Vaikka systeemiteoriassa ei ole toistaiseksi olemassa täysin vakiintunutta määritelmää, sen käsitteellään olevan käsitteellinen viitekehys, joka perustuu periaatteeseen, jossa järjestelmän komponentit voidaan parhaiten ymmärtää toistensa ja muiden järjestelmien välisen suhteiden yhteydessä (Wilkinson, 2011). Ensimmäisenä käsitteen esitteli Ludwig von Bertalanffy (1928), joka huomasi yleisessä systeemiteoriassaan (engl. general systems theory, GST), ettei organisaatio ole suljettu järjestelmä, vaan se on avoin ja jatkuvasti vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Niinpä organisaatiot nähdään systeemiteorian näkökulmasta sosiaalisina yksiköinä, jotka koostuvat osasysteemeistä, joita rakennetaan ja uudelleenrakennetaan tiettyjen päämäärien saavuttamiseksi. Tämän ajatuksen mukaan organisaatioiden toiminnan muoto määrittyy nimenomaan osasysteemien, sekä systeemin ja ympäristön välisistä vuorovaikutussuhteista (Von Bertalanffy, 1973). Yleinen järjestelmäteoria vaikutti organisaatiotutkimukseen erityisesti erottamalla dynaamiset eli aktiiviset järjestelmät staattisista tai passiivisista järjestelmistä. Samalla Von Bertalanffyn oivallukset kehittivät yleistä käsitystä systeemien toiminnasta, minkä myötä systeemiteoriaa pidetään pragmaattisena lähestymistapana organisaatiotutkimuksessa.

Myöhemmin tätä systeemin avoimuutta ja ympäristön huomioimista korostavaa järjestelmäteoriaa on omaksuttu ja täydennetty useiden järjestelmäteoreetikoiden toimesta. Heidän tavoitteenaan on ollut löytää yleinen järjestelmäteoria, joka voisi selittää kaikki järjestelmät kaikilla tieteenaloilla. Yleinen järjestelmäteoria liittyy keskeisesti kybernetiikkaan ja informaatioteoriaan, kun

tutkimus on keskittynyt varsinkin kompleksisuuteen, itseorganisaatioihin, konnektionismiin ja adaptiivisiin järjestelmiin (Sieniutycz, 2019). Kybernetiikka tunnetaan joissain yhteyksissä myös yleisen järjestelmäteorian synonyymina, sen sovelluskohteiden ollessa erilaiset kompleksiset järjestelmät, kuten yhteiskunnan ilmiöt ja toiminnot. Itsesäätelymekanismien merkityksessä termiin *kybernetiikka* viitattiin ensimmäisen kerran jo vuonna 1948 kirjassa ”Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine” (Wiener, 2019), jossa se määriteltiin eläimen ja koneen ohjauksen sekä kommunikoinnin tutkimukseksi. Yleisesti kybernetiikka tutkii itseohjautuvia ja automaattisesti säätyviä systeemejä, käsittäen kaikenlaisen käyttäytymisen siltä osin kuin se on säännöllistä, ehdotonta tai toistettavaa (Ashby, 1961).

### 2.1.2 Kontingenssiteoria

Kontingenssi- eli tilanneteoria (engl. contingency theory) on systeemiteoriaa täydentävä ja laajentava organisaatioteoria, jonka mukaan ei ole olemassa yhtä ainoaa oikeaa organisaatorakennetta tai tapaa organisoida yritystä, vaan ne muodostuvat aina tilannekohtaisesti, kontingenssitekijöistä riippuen. Myös ympäristöteoriaksi kutsutussa kontingenssiteoriassa tilannetekijöiksi luetaan teknologia, toimintaympäristö, organisaation koko ja historia, sekä työntekijöiden ja asiakkaiden odotukset. Tilanneteorian mukaan organisaation optimaalinen toimintatapa on riippuvainen sekä sisäisestä että ulkoisesta tilanteesta, jolloin rakenteen tulee sopeutua niin ympäristön ominaisuuksiin, käytössä olevaan teknologiaan kuin vallitsevaan tilanteeseenkin (Buchanan & Huczynski, 2019; Harisalo, 2008).

Kontingenssiteoriassa toimintaympäristön luonne, vakaa tai muuttuva, vaikuttaa keskeisesti siihen, tuleeko tarkoituksenmukaisen ja sitä kautta tehokkaan organisaation rakenteen olla mekaaninen vai orgaaninen. Vakaisissa ja ennustettavissa ympäristöissä organisaatiot kehittävät itselleen mekaanisen rakenteen, joka on usein hierarkkinen ja muodollinen, ja jossa päätöksenteko on keskitettyä. Orgaaniselle organisaatiolle on vastaavasti ominaista joustava, hierarkiaton ja hajautettu rakenne, joka soveltuu paremmin muuttuviin ja epävarmoihin ympäristöihin (Burns & Stalker, 1961). Vaikka todellisuudessa organisaatiot eivät ole täysin mekaanisia tai orgaanisia, pyrkii tilanneteoria selittämään, kuinka ja missä määrin nämä erilaiset ympäristötekijät ohjaavat organisaatioita muokkaamalla niiden sisäisiä olosuhteita (Lawrence & Lorsch, 1967).

Ensimmäisenä kontingenssiteorian käsitettä käyttivät Lawrence ja Lorsch (1967) kuvatessaan ympäristön ja organisaatioiden välistä vuorovaikutusta. Myöhempien tutkimustensa tulosten perusteella he ehdottivat, että monimutkaisessa ympäristössä toimivat organisaatiot omaksuivat paljon korkeamman erikoistumis- ja integraatioasteen kuin yksinkertaisessa ympäristössä toimivat organisaatiot. Yksi ensimmäisistä tilanneteorian edistäjistä oli Joan Woodward, jonka havainnon mukaan organisaatorakenne on riippuvainen organisaation käyttämistä tuotantoteknologioista, jotka vaikuttavat myös ihmissuhteisiin. Tätä ideaa pidetään kontingenssiteorian perustana ja sillä nähdään olleen pysyvä vaikutus innovaation ja johtamisen aloilla (Appelbaum, 1997). Burns ja Stalker

puolestaan kehittivät tilanneteoriaa tunnetuilla tutkimuksillaan, joiden mukaan ehdotetut rakenteet edustavat jatkumoa, eivätkä dikotomiaa ja että dynaamisilla talouden aloilla orgaaninen organisaatorakenne on mekaanista rakennetta tehokkaampi (Sine, Mitsunashi & Kirsch, 2006).

Vaikka kontingenssiteoria on onnistunut nostamaan esiin organisaatorakenteiden erilaiset sekamuodot, on se saanut osakseen laajaa kritiikkiä sen yleistävän ja monimutkaisia syysuhteita pelkistävän luonteensa vuoksi. Kriitikoiden mukaan tilannelähtöinen lähestymistapa ei myöskään kykene selittämään, kuinka ja miksi eri organisaatiot voivat saavuttaa menestystä, vaikka ne reagoivat kontingenssitekijöihin eri tavoin (Donaldson, 2001; Tienari & Meriläinen, 2009).

### 2.1.3 Agenttiteoria

Agenttiteorian (engl. agency theory) avulla pyritään kuvaamaan päämies-agentti-ongelmaa, jossa päämies palkkaa agentin joko toimimaan puolestaan tai edustamaan itseään jossakin päätöksentekoa edellyttävässä tehtävässä (Ross, 1973). Tämänlainen agenttisuhte syntyy sopimuksella, jonka perusteella yksi tai useampi toimija delegoi työtä toiselle osapuolelle eli agentille. Agenttiteorian ja päämies-agentti-ongelman nähdään liittyvän kaikkiin tilanteisiin, joissa on kyse sopimukseen perustuvasta vaihdannasta (Ross, 1973). Päämies-agentti-ongelmalla tarkoitetaan tilannetta, jossa päämiehellä ei ole käytössään riittävästi informaatiota agentin toiminnasta. Tällöin kyse on epäsymmetrisen informaation tilanteesta, ts. informaatioasymmetriasta, jossa informaatio on jakautunut epätasaisesti eri sopimusosapuolten välillä (Jensen & Meckling, 2019). Epäsymmetrisen informaation tilanne voi johtaa moraalikatoon, tehottomaan työskentelyyn, sekä epäsuotuisan valinnan ja oman edun tavoittelun ongelmiin, mistä puolestaan seuraa erilaisia agenttikustannuksia (Viljaranta, 1985). Päämies voi hillitä ja rajoittaa näitä mainittuja intressiristiriitoja tai tavoitepoikkeamia joko luomalla agentille houkuttelevan kannustinjärjestelmän tai valvomalla päämiehen toimintaa niin tarkasti, että agentin hyötyä lisäämättömät toimet vähenevät (Jensen & Meckling, 2019).

Agenttiteoria esittää hyvän hallinnoinnin eli organisaation hallinnointi- ja ohjausjärjestelmän (engl. corporate governance) keskeisenä valvonnan keinona, jolla voidaan varmistaa, että päämies-agentti-suhteen aiheuttamat ongelmat ja sitä kautta agenttikustannukset jäävät mahdollisimman pieniksi (Jensen & Meckling, 2019). Agenttiteoreettisen näkökulman mukaan hyvä corporate governance -järjestelmä voidaan saavuttaa kehittämällä ja löytämällä mahdollisimman optimaalinen sopimusjärjestely, joka yhtenäistää päämiehen ja agentin intressit (Christopher, 2010). Kaplanin (1982) mukaan kannustinjärjestelmiä ei ole kuitenkaan mahdollista analysoida ilman agenttiteorian ymmärtämistä. Globalisaation, digitalisaation sekä muuttuvien toimintatapojen ja -ympäristöjen myötä kirjallisuudessa on ehdotettu perinteisen kokonaispalkitsemisen korvaamista älykkäällä palkitsemisella (Nylander & Hakonen, 2015). Digitalisoituvan ja yhä joustavamman työympäristössä toimivan ”kuudennen aallon” työvoiman on

arveltu arvostavan erityisesti työn ja vapaa-ajan välistä tasapainoa, tiimityötä ja yhteisöllisyyttä, välitöntä palautetta sekä urakehitykseen ja palkitsemiseen liittyvää läpinäkyvyyttä (Kurki & Wilenius, 2012; Nylander & Hakonen, 2015). Brown (2014) näkee älykkäiden palkitsemiskäytäntöjen (engl. smart rewards) joustavuuteen, mitattavaan näyttöön ja avoimeen kommunikointiin perustuvien kannustinperiaatteiden vastaavan työntekijöiden perusarvoja ja tarpeita nykyajan kontekstissa.

Vaikka agenttiteoriaa pidetäänkin varsin yleismaailmallisena ja laajasti sovellettavana organisaatiokäyttäytymistä selittävänä ilmiönä, nähdään sen ongelmia täydellisen sopimuksen laatimisen vaikeus sekä kyvyttömyys huomioida yhteiskunnallisen murroksen mukanaan tuomat uudenlaiset organisointitavat (Eisenhardt, 1989; Morrison, Mazey & Wingreen, 2020). Lohkoketjututkimuksessa agenttiteorian avulla on perusteltu muun muassa lohkoketjuteknologian tarjoamaa mahdollisuutta tehostaa sopimusprosesseja, yhdenmukaistaa ristiriitaisia tavoitteita ja hallita epäsymmetriaa (Derbali ym., 2019; Chang, Chen & Wu, 2019). Lohkoketjuteknologian mahdollistamien hajautettujen autonomisten organisaatioiden on puolestaan esitetty haastavan perinteisen yrityshallinnon perusteet ja sen agenttiteorian (Morrison, Mazey & Wingreen, 2020).

#### 2.1.4 Toimijaverkkoteoria

Toimijaverkkoteoria (engl. actor-network theory, ANT) on sosiologinen lähestymistapa, jonka tavoitteena on selittää toimijaverkoston välisten suhteiden vuorovaikutusta ja hallintaa, sekä muutoksia ja niiden vaikutuksia. Toimijaverkkoteorian ensisijainen periaate on heterogeenisen verkon käsite, joka esittää toimijaverkoston koostuvan sekä sosiaalisista että teknisistä osista (Latour, 1992). Toimijaverkkoteoria eroaa muista verkostoteorioista sen käsittäessä ja huomioidessa inhimillisten toimijoiden lisäksi myös ei-inhimilliset kokonaisuudet eli aktantit (Law, 2009). Toimijaverkkoteorian mukaan toimija voi olla ihmisen lisäksi ei-inhimillinen tekninen objekti, kuten tietokoneohjelmisto, tilinpitojärjestelmä, laitteisto tai ihmisen ja ei-inhimillisen kokonaisuuden muodostama verkosto, esimerkiksi organisaatio (Latour, 2007).

Toimijaverkkoteoreettisen tutkimuksen keskiössä on toimijaverkkojen sisäinen dynamiikka, jonka kautta tavoitellaan käytäntöjen ja maailmaa muokkaavien tekijöiden ymmärtämistä. Tämän ansiosta toimijaverkkoteorialla voidaan tulkita teknologioiden, tieteellisten teorioiden tai sosiaalisten pyrkimysten onnistumista laajemmin kuin yksistään ihmisten toiminnan tai teknologian tarkastelun kautta (Latour, 1992). Toimijaverkkoteoria väittää myös, että jokainen toimija, olipa se sitten inhimillinen tai ei-inhimillinen, on yhtä tärkeä sosiaaliselle verkostolle, eikä sosiaalisia suhteita ja vuorovaikutusta voida erottaa materiaalisesta maailmasta (Latour, 2007).

Keskeisiä toimijaverkkoteorian alkuvaiheen kehittäjiä 1970-luvulta lähtien olivat ranskalaiset Michel Callon ja Bruno Latour sekä brittiläinen John Law, joista ensin mainittu esitteli käsitteen *actor network theory* kuvatessaan erään sähköautohankkeen epäonnistumista (Callon, 1986). Digitalisaation, kehittyvien

informaatiokäytäntöjen ja yhä kompleksisempien järjestelmien myötä teoria toimii tänä päivänä relevanttina teoreettisena linssinä, jonka kautta voidaan tarkastella teknologian roolia sosiaalisten prosessien muokkaamisessa (Law & Hassard, 1999; Schreiber, 2017). Vaikka toimijaverkkoteorian hyödyntäminen yhtenä keskeisenä informaatiokäytäntöjen tutkimuksen lähestymistapana onkin perusteltua, on teoriaa haastettu etenkin sen kaiken selittävän ajatusrakennelman mahdottomuuden, toimijoiden yhdenvertaisen kohtelun ja amoraalisen konstruktivismiin osalta (Fenwick & Edwards, 2010; McLean & Hassard, 2004). Lohkoketjuteknologian näkökulmasta verkkoteoria voi auttaa analysoimaan organisaatioiden välisten toimijaverkostojen välistä vuorovaikutusta ja läpinäkyvyyttä, sekä näiden liiketoimintasuhteiden muutosta hajautetussa ympäristössä (Tian, 2016).

## 2.2 Organisaatioiden toiminta

Organisaatioiden toimintaa voidaan ajatella jakamalla sen elementit kahteen osaan: rakenteellisiin ja inhimillisiin tekijöihin. Tässä tutkimusaihetta pohjustavassa kappaleessa organisaatiotoimintaa ja osin myös organisaatiokäyttäytymistä tarkastellaan pääasiassa organisaatioiden rakenteellisten tekijöiden kautta. Inhimilliset, etupäässä kulttuurilliset ja sosiaaliset tekijät on jätetty taustateemaksi niiden monialaisen luonteen ja vertailukohtien rajaamisen vuoksi. Rakenteellinen käsittelee organisaation muotoa, tehtävienjakoa sekä hierarkian muodostamista eli sääntöjä, määräyksiä ja rutiineja, kun taas inhimillinen puoli keskittyy ihmisten arvoihin, perusoletuksiin ja käyttäytymiseen (Brown, 1995; Deszca, Ingols & Cawsey, 2019). Organisaatioajattelu edustaa käytännöllistä toimintaa tämän organisoitumisen vuorovaikutteisen luonteen ymmärtämiseksi.

Vuosikymmenten ajan tutkijat ovat kehittäneet monia eritasoisia organisoitumista selittäviä organisaatiomalleja aina "organisoidusta anarkiasta" (Cohen, March & Olsen, 1972) "löyhäsidonnaiseen organisaatioon" (Weick, 1969) ja Hedbergin, Nystromin sekä Starbuckin (1976) ajatukseen "itseorganisoituvasta organisaatiosta" (Koskinen, 1999). Nyky-yhteiskunnan on kuitenkin arveltu asettavan organisaatioille uudenlaisia vaatimuksia, joihin perinteisinä pidetyt organisoitumisen ja johtamisen mallit eivät kykene vastaamaan (Vitikka, 2020). Kokonaisvaltaisen organisaatioajattelun yhteydessä on sittemmin alettu hyödyntämään systeemisen älykkyyden tai älyn (engl. systems intelligence, SI) käsitettä, joka viittaa ihmisten toimintaan ja älykkyyteen käyttäytyä kompleksisissa järjestelmissä, osaten ottaa huomioon niin vuorovaikutuksen, dynamiikan kuin palautteenkin (Hämäläinen, Jones & Saarinen, 2014).

### 2.2.1 Ominaisuudet

Organisaatioiden tunnuspiirteillä tarkoitetaan ominaisuuksia, jotka ovat peräisin organisaation omaksumasta johtamismallista, rakenteesta ja strategiasta, sekä jäsenyyden ja suhteiden luonteen kautta ilmentyvistä yrityskulttuurista

(Abdullah, Uli & Mohamed, 2014). Harisalo (2008) tunnistaa kirjassaan "Organisaatioteoriat" seitsemän organisaatioille tyypillistä ominaisuutta, jotka ovat tavoitteet, rationaalisuus, muodollisuus, koko, erikoistuminen, keskitys ja hajautus sekä monimutkaisuus.

Tavoitteet ominaisuutena viittaavat organisaation olemassaolon tarkoitukseen ja ne voidaan erotella kahteen luokkaan: virallisiin ja epävirallisiin tavoitteisiin. Nämä tavoitteet voivat olla joko yksiselitteisiä tai moniselitteisiä ja niiden tarkoituksena on ohjata organisaation toimintaa sekä auttaa arvioimaan valintojen järkevyyttä. Rationaalisuus on puolestaan yksi vaikeimmin selitettävissä oleva organisaation ominaisuus ja se erotellaan usein sisällölliseen ja välineelliseen vaikutusalaan. Sisällöllinen rationaalisuus koskee tavoitteiden tunnistamista, valintaa ja hyväksyntää, kun taas välineellinen ulottuvuus liittyy tehokkaiden menettelytapojen tunnistamiseen, valintaan ja hyödyntämiseen (Gortner, Mahler & Nicholson, 1984; Harisalo, 2008). Muodollisuuden nähdään olevan organisaation rakenteellinen ominaisuus, jolla voidaan kuvata organisaation sisäistä sääntelyä yhteistoimintajärjestelmän ennustettavuuden ja tuottavuuden parantamiseksi. Organisaation kokoa voidaan mitata muun muassa henkilökunnan lukumäärän, liikevaihdon tai markkinaosuuden kautta ja sillä on aina niin rakenteellisia kuin inhimillisiäkin vaikutuksia (Harisalo, 2008).

Kolme hajautettujen autonomisten organisaatioiden tutkimuskentän mahdollisesti tärkeintä ominaisuutta ovat erikoistuminen (specialization), keskitys ja hajautus (centralization/decentralization) sekä monimutkaisuus eli kompleksisuus (complexity). Erikoistumisella tarkoitetaan organisaation asettamien tavoitteiden kannalta välttämättömän työn jakamista horisontaalisesti ja vertikaalisesti (Harisalo, 2008). Hallinnan näkökulmasta horisontaalinen ulottuvuus pitää sisällään tietyllä institutionaalisella tasolla yhteistyötä tekevät ja omia intressejään edistävät toimijat, kun vastaavasti vertikaalinen ulottuvuus käsittää näiden institutionaalisten tasojen väliset hallintasuhteet (Anttiroiko ym., 2007). Näin ollen organisaatiossa omaksutun erikoistumisen nähdään määrittävän hierarkkisyyden ja osastoitumisen (departmentalization) tasot (Galbraith, 1995). Keskityksen ja hajautuksen keskeisin tehtävä on kuvata päätöksenteon keskittämisen astetta organisaatiossa. Keskitetyssä organisaatiossa kaikki tärkeät oikeudet ja valtuudet ovat ylimmän johdon käsissä toisin kuin hajautetussa organisaatiossa, jossa hyödynnetään monipuolista asiantuntemusta erilaisten liiketoimintojen hallinnassa (Vartiainen, Kokko & Hakonen, 2004). Monimutkaisuus organisaation ominaisuutena näyttäytyy käsiteltävien asioiden suurena määränä, merkittävänä erilaisuutena, hallinnan edellyttämänä tietämyksenä, sekä keskinäisten riippuvuuksien tai niiden seurauksien ennakoimattomuutena. Organisaation kompleksisuus voi olla seikkaperäistä tai dynaamista ja se muotoutuu esimerkiksi tehtävien luonteen, muodollisuuden asteen, työntekijöiden osaamisen sekä käytetyn teknologian myötä (Harisalo, 2008).



## 2.2.2 Organisaatorakenteet

Kuten todettua, organisaatiot ovat syntyneet ihmisten yhteistoiminnan järjestämiseksi, missä organisaatorakenteen keskeisenä tehtävänä on muodostaa puitteet tälle yhteistoiminnalle (Lämsä & Hautala, 2004). Organisaatorakenteella tarkoitetaan muodollisia tehtäväjärjestelmiä ja auktoriteettisuhteita, jotka ohjaavat ihmisten toimintaa ja resurssien käyttöä organisaation perimmäisten tavoitteiden saavuttamiseksi (Jones, 2013). Organisaatorakenne kuvaa organisaatiossa toimivien ihmisten välisiä suhteita ja määrittelee jäsenten tehtävät, vastualueet, työroolit sekä kommunikaatioverkostot. Näin ollen organisaatorakenne mahdollistaa sekä johtamisen että tarjoaa organisaation jäsenille yhteisen näkemyksen toiminnan järjestämisestä, työnjaosta sekä ohjaussuhteista (Lämsä & Hautala, 2004). Sen perusteella organisaatiossa tapahtuvaa yhteistoimintaa voidaan suunnitella, järjestää, ohjata ja valvoa.

Kontingenssiteoria esittää organisaatioiden tehokkaan, suorituskykyä ja kannattavuutta parantavan rakenteen olevan seurausta vallitseviin tilannetekijöihin sopeutumisesta (Burns & Stalker, 1961). Epäsuotuisa organisaatorakenne voi sen sijaan johtaa esimerkiksi työmotivaation ja -moraalin heikkenemiseen, päätöksenteon hidastumiseen sekä koordinoimien puutteeseen (Lämsä & Hautala, 2004). Koska jokainen organisaatio on jossain määrin muodollinen, organisaatorakenteen muodostuminen riippuu aina yrityksen historiasta, tavoitteista, tarkoituksesta, johtamisesta ja toimintaympäristöstä (Harisalo, 2008).

Yleisesti organisaation rakennetta kuvataan sen erilaisten ulottuvuuksien, pääasiassa erikoistumisen (specialization), standardoinnin (standardization), formaalisuuden (formalization), keskittämisen (centralization) ja kompleksisuuden (complexity), kautta (Mullins, 2007; Zheng, Yang & McLean, 2010). Näiden ulottuvuuksien perusteella muodostuvat erilaiset organisaatorakenteet voidaan Ahmadyn, Mehrpourin ja Nikooraveshin (2016) mukaan jakaa näkökulmasta riippuen esimerkiksi seitsemään perustyyppiin:

- **Pienyritysrakenne** on yksinkertainen, matalahierarkkinen rakenne, jossa toiminta on hyvin epämuodollista ja joustavaa
- **Toimintorakenne** eli funktionaalinen rakenne, jossa organisaatio on jaettu päätoimintoihin ja toiminta on hyvin muodollista sekä keskitettyä
- **Divisioonarakenne** perustuu liiketoiminta-alueiden mukaan jaettuihin tulosyksiköihin, eikä se ole yhtä hierarkkinen kuin toimintorakenne
- **Matriisirakenne** muodostuu toiminto- ja divisioonarakenteesta, missä tarkoituksena on saavuttaa toiminnallisen rakenteen tehokkuus ja divisioonallisen rakenteen joustavuus
- **Hybridirakenne** yhdistää vähintään kahden muun rakennetyypin parhaat puolet
- **Verkostorakenne** on muuttuvissa, teknologisissa toimintaympäristöissä käytetty malli, jolle on ominaista matala hierarkia ja formaalius sekä hajautettu päätöksenteko

- **Virtuaalirakenne** mahdollistaa aika- ja paikkariippumattoman työskenteilyn, jossa työnjako on hajautettua

Yksinkertaistettuna organisaatiot voidaan jakaa niiden rakenteiden perusteella kahteen ääripäähän: hierarkkisiin tai verkostomaisiin rakenteisiin. Hierarkkisista rakenteista keskeisimpiä ovat funktionaalinen organisaatorakenne, prosessimainen organisaatorakenne, divisiooniin jaettu organisaatio ja matriisiorganisaatio. Teoreettiset organisaatorakenteet voidaan määritellä myös sisältömuuttujien, kuten tavoitteiden, strategian, teknologian ja koon mukaan joko orgaaniseksi, nk. litteäksi tai mekaaniseksi. Orgaaninen rakenne pitää sisällään muiden muassa joustavat työtehtävät, hajautetun päätöksenteon ja vahvan yhteistyön, kun vastaavasti mekaanisessa rakenteessa yksiköt on erotettu horisontaalisesti, päätöksentekojärjestelmä on keskitettyä ja viestintä formaalia (Ahmady, Mehrpour & Nikooravesh, 2016). Näiden seikkojen lisäksi organisaatorakenteen valintaan vaikuttaa pitkälti myös toimintaympäristön heikkyys: hitaasti muuttuvassa ympäristössä rakenne voi olla verrattain jäykkä ja hierarkkinen, kun taas nopeasti muuttuva ympäristö edellyttää rakenteelta joustavuutta (Juuti, 2006).

Nopeasti muuttuvassa, yhä kompleksisemmässä toimintaympäristössä ja esimerkiksi teknologisoitumisen myötä kovenevassa kilpailussa muutostarpeisiin reagoinnin nopeuttamiseksi on ehdotettu hierarkioiden madaltamista ja henkilöstön osallistamista itseohjautuvaksi (Lee & Edmondson, 2017). Tämänlaisissa moderneissa organisaatioissa päätöksenteosta eivät vastaa yksin esimiehet, vaan asioista päätetään holokratisesti yhteisössä (Robertson, 2007). Holokratia on hajautetun johtamisen ja organisaation hallintomenetelmä, jonka voidaan nähdä olevan lähimpänä hajautettujen autonomisten organisaatioiden hallinnointitapaa, jossa perinteiset hierarkiat korvataan tasaisilla hallintorakenteilla. Lämsä ja Hautala (2004) korostavatkin ajatusta organisaatorakenteiden monimuotoisuudesta, minkä mukaan toimintamallit muuttuvat ja rakentuvat jatkuvasti ihmisten toiminnan ja muutosten myötä.

### 2.2.3 Organisaatiotyypit ja toimialat

Organisaatiotyypeiksi kutsutaan erilaisia tapoja, joilla organisaatio voi esiintyä. Organisaatiotutkimuksessa typologioita eli luokittelujärjestelmiä, jonka mukaisesti tieteenalan ilmiöitä lajitellaan niiden ominaisuuksien perusteella tyypeiksi, on olemassa runsaasti erilaisia (Litterer, 1973). Organisaatiotyypit voidaan luokitella esimerkiksi asetettujen tavoitteiden, käytettävissä olevien resurssien, toimintotyyppien, koostumuksen ja koon, oikeudellisen muodon tai toimialan perusteella (Filley & Aldag, 1978). Litterer (1973) huomauttaa, ettei ole olemassa yhtä oikeaa organisaatioiden luokittelujärjestelmää, vaan typologian valinta riippuu aina tutkimuksen tarkoituksesta. Tämän tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskohde huomioiden organisaatiotyyppien erottelu toteutetaan toimialoittain. Keskeisten organisaatiotyyppien tai toimialojen tunnistaminen ja jaottelu toimii samalla pohjustuksena sekä eräänlaisena työhypoteesina hajautettujen autonomisten organisaatioiden kategorisoinnille.

Virallisissa tilastoissa käytetään pääasiassa kansainvälisesti vahvistettuja ja taksonomisia ohjeita seuraavia luokittelumalleja (Hajba, 1983). Toimialojen osalta organisaatiotyypit voidaan jaotella taloudellista toimintaa harjoittavia yksiköitä koskevan toimialaluokituksen mukaisesti. Kansainvälisessä ISIC-toimialaluokitusstandardissa (International Standard Industrial Classification of all Economic Activities) tunnistetuista 21 toimialasta DAO:iden nykytilanteen kannalta ensisijaisia sektoreita voidaan olettaa olevan informaatio ja viestintä, rahoitus- ja vakuutusala sekä taide-, viihde- ja virkistystoiminta. Tämän Yhdistyneiden Kansakuntien (United Nations) ylläpitämän toimialaluokituksen uusimman tarkistetun painoksen (2008) mukaan informaatio- ja viestintäosio sisältää tiedotus- ja kulttuurituotteiden tuotannon ja jakelun sekä näiden tuotteiden välittämisen- tai jakelukeinojen tarjoamisen. Rahoitus- ja vakuutusliiketoiminnaksi laskeetaan vakuuttamisen ja eläkerahoittamisen lisäksi säätiöiden, rahastojen ja vastaavien rahoitusyksiköiden toiminta, kuten omaisuuden hallinta. Taide-, viihde- ja virkistystoiminta muodostuu puolestaan laajasta valikoimasta aktiviteetteja, joilla vastataan suuren yleisön erilaisiin kulttuuri-, viihde- ja virkistystarpeisiin, mukaan lukien live-esitykset, museokohteiden toiminta, uhkapelaaminen, urheilu ja muu virkistystoiminta.

### 3 LOHKOKETJUT MAHDOLLISTAJANA

Lohkoketju (engl. blockchain) on hajautetussa verkossa toimiva, avoimeen lähdekoodiin perustuva hajautettu ja läpinäkyvä arvojärjestelmä, jonka matemaattinen varmennettavuus takaa sen tietojen muuttumattomuuden. Lohkoketjussa data on tallennettu verkkoon liitettyihin palvelimiin, jotka ovat kytkettyinä toisiinsa ilman keskitettyä palvelinta tai muitakaan kriittisiä pisteitä. Lohkoketjun osapuolet ovat reaaliaikaisesti yhteydessä toisiinsa ja kaikki lohkokossa olevat näkevät toistensa toimet samanaikaisesti. Lohkoketjuteknologian ideana on ratkaista perinteisen tietovarastoinnin kaksi ongelmaa, jotka ovat luottamus ja turvallisuus (Storås, 2016).

Lohkoketjuteknologiaan liitetään yleisesti täyden hajautuneisuuden, jäljitettävyyden, muuttumattomuuden ja autonomisuuden ominaisuudet, joiden avulla se erottuu muista tietokantaratkaisuksista. Näiden ominaisuuksien ansiosta esimerkiksi data varmuuskopioidaan automaattisesti ja toimijoiden välinen luottamus on ohjelmoitua (Kinnunen ym., 2017). Lohkoketjujen kysynnän kasvaessa ne kohtaavat niin kutsutun trilemman eli haasteen skaalautuvuuden, hajautuksen ja turvallisuuden välillä tehtävistä teknisistä kompromisseista. Vastatakseen tähän haasteeseen, lohkokenetjut käyttävät itsenäisesti transaktioita varmentavia toisen kerroksen lohkokenetjuja, erilaisia konsensusmekanismeja ja älysooimuuksia (Zhou ym., 2020).

#### 3.1 Lohkoketjujen toiminta ja rakenne

Lohkoketjut voidaan luokitella tietyyntyyppisiksi hajautetuiksi pääkirjoiksi tai kirjanpitooeknologioiksi, englanninkieliseltä termiltään *Distributed Ledger Technology (DLT)*. Tällä yläkäsitteellä viitataan keskitettyjen mekanismien sijaan hajautettuihin oeknologiaisiin infrastruktuureihin ja protokollisiin (Bashir, 2017). Lohkoketju on siis eräänlainen kirjanpitojärjestelmä, joka pitää sisällään ketjussa olevia lohkoja, jotka puolestaan voivat sisältää mitä tahansa digitaalisessa muodossa olevaa dataa. Kun lohkokoon on kerätty tarvittava määrä informaatiota,

yhdistetään se uudeksi lohkoksi lohkoketjussa olevien solmujen (engl. node) muodostamaan verkostoon. Lohkoketjusolmut ovat lohkoketjun vertaisverkkoon (peer-to-peer network) liittyneitä laitteita, yleensä tietokoneita, jotka vastaavat yhdessä tietokannan ylläpitämisestä ja suojaamisesta validoimalla lohkot valitulla konsensusmekanismilla (Rahkola, 2019). Lisäksi jokainen lohko sisältää tiivistefunktion (engl. hash function), joka lasketaan matemaattisesti edellisen lohkon tiedoista. Jos jotain tietoa muutetaan aikaisemmista lohkoista, tiivistefunktio ei enää täsmää. Niinpä dataa on käytännössä mahdoton muokata jälkikäteen, mikä tekee lohkoketjusta erittäin turvallisen (Zheng ym., 2018).

Mattilan ym. (2019) mukaan lohkoketjuteknologia voidaan käsittää mahdollisuutena muodostaa avoimia vertaisverkkoalustoja erilaisia verkon protokollan kannustinrakenteita sekä järjestelmän sisäisiä kryptorahakkeita hyödyntäen. Lohkoketjuteknologia koostuu viidestä eri toiminta- tai arkkitehtuurikerroksesta, jotka ovat infrastruktuuri- ja palvelinkerros, datakerros, verkkokerros, konsensuskerros sekä sovelluskerros. Arkkitehtuurinäkökulman lisäksi lohkoketjuteknologiaa voidaan havainnollistaa myös eri protokollakerrosten kautta. Siinä missä arkkitehtuurikerrokset pitävät verkon päällä ja käynnissä, ovat protokollat käytettävän lohkoketjun peruseriaatteet määrääviä perussääntöjä, jotka mahdollistavat tietojen jakamisen tietokoneiden välillä (Gudgeon ym., 2020).

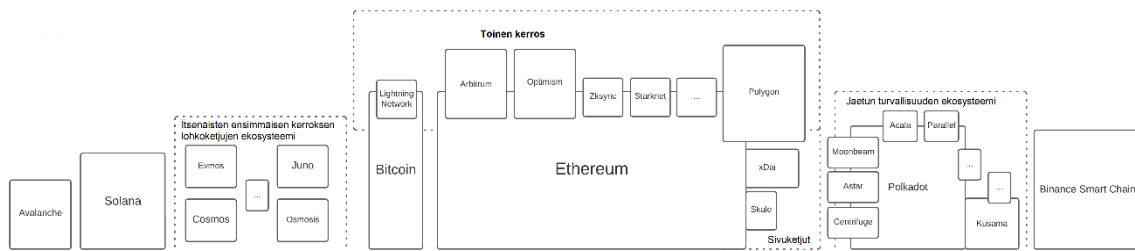
Protokolla-arkkitehtuurikeskustelussa on viime vuosina korostettu erityisesti nelikerroksisen mallin viitekehystä. Lohkoketjuprotokollien 0-kerros (*Layer 0*) viittaa lohkoketjuekosysteemin perustana olevaan verkkoarkkitehtuuriin, jonka päälle luodaan erilaisia lohkoketjun turvallisuudesta vastaavia ensimmäisen kerroksen (*Layer 1*) lohkoketjuja. Näiden lohkoketjujen ongelmien ratkaisemiseksi ja tuottavuuden parantamiseksi toisella kerroksella (*Layer 2*) voidaan lisätä skaalautuvuutta. Kolmanneksi kerrokseksi (*Layer 3*) kutsutaan erilaisista lohkoketjupohjaisista sovelluksista ja hajautetuista autonomisista organisaatioista koostuvaa sovelluskerrosta, jossa osallistujat ovat lopulta vuorovaikutuksessa käyttöliittymän kanssa. Kolmannen kerroksen avulla toteutuskerroksen päälle voidaan siis pinota erilaisia yksityisyyttä ja skaalautuvuutta parantavia mukautettuja toimintoja sekä uudenlaisia käyttötapauksia lohkoketjuille mahdollistavia sovelluksia. (Buterin, 2022; Vermaak, 2021.)

## 3.2 Julkiset lohkoketjut

Ensimmäisen kerroksen lohkoketju eli peruslohkoketju tai lohkoketjualusta viittaa perusverkkoon (engl. base network), kuten Bitcoinin, Ethereumiin ja lukuisiin muihin, sekä niiden taustalla oleviin infrastruktuureihin. Ensimmäisen kerroksen lohkoketjut voivat vahvistaa ja viimeistellä tapahtumat omassa lohkoketjussaan ilman toista verkkoa (Garcia Bringas, Pastor-López & Psaila, 2020). Vuonna 2008 Satoshi Nakamoto -nimellä esiintyvän pseudonyymien henkilön tai tahon julkaisemassa dokumentissa ”Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” kuvattu Bitcoin on ensimmäinen liikkeelle laskettu kryptovaluutta, jonka ensisijainen tarkoitus on toimia maksuvälineenä vertaisverkossa. Bitcoin

esiteltiin sähköisenä valuuttana ja hajautettuna tietojärjestelmänä, jonka ideana on tehdä verkkokaupankäynnistä aiempaa läpinäkyvämpää, turvallisempaa ja edullisempaa (Nakamoto, 2008). Bitcoin on siis lohkoketjuteknologiaa hyödyntävä kryptovaluutta ja maksujärjestelmä, joten se on kapasiteetiltaan ja toiminnaltaan varsin erilainen kuin toisen tai kolmannen sukupolven laajamittaiset äly-sopimukset, paremman skaalautuvuuden sekä nopeamman prosessoinnin mahdollistavat lohkoketjualustat.

Lohkoketjuprotokollat voidaan jakaa karkeasti julkisiin eli käyttöoikeus-kontrolloimattomiin (engl. permissionless) ja yksityisiin, käyttöoikeuskontrolloituihin (engl. permissioned) lohkoketjuihin, joista tässä tutkielmassa keskitytään ensin mainittuihin. Julkinen lohkoketju on kaikille avoin ja se tarjoaa läpinäkyvyyttä sekä hajautuneisuutta kaikkien toimijoiden voidessa osallistua järjestelmän ylläpitoon, käyttämiseen ja transaktioiden hyväksymiseen (Zheng ym., 2018). Alla esitetty yleiskatsaus (kuvio 1) havainnollistaa ensimmäisen kerroksen julkisten lohkoketjujen kokonaisekosysteemiä. Kuviossa suorakulmioiden koot kuvaavat kunkin itsenäisen ekosysteemin suhteellista kokoa.



KUVIO 1 Ensimmäisen kerroksen lohkoketjujen ekosysteemi (mukailtu Blockchain-comparison, ei pvm.)

Lohkoketjijärjestelmien käyttäjämäärien voimakkaan kasvun myötä ilmenneet verkkojen ruuhkautumiset ja viiveet ovat herättäneet paljon kysymyksiä erityisesti suurten julkisten lohkoketjualustojen skaalautuvuuteen ja kehitykseen liittyen. Soveltuakseen monimutkaisempiin ja laajempiin käyttötarkoituksiin, lohkoketjujen tulee kyetä parantamaan merkittävästi skaalautuvuuttaan, tinkimättä kuitenkaan turvallisuuden tai hajautuneisuuden ominaisuuksistaan (Zheng ym., 2018). Skaalautuvuusongelmien hillitsemiseksi on kehitetty useita eri käyttökohteille soveltuvia apukeinoja, jotka voidaan luokitella lohkoketjun hierarkkisen rakenteen mukaan joko ensimmäisen tai toisen kerroksen ratkaisuihin. Ensimmäisen kerroksen nk. on-chain-ratkaisuja ovat muun muassa lohkoketjun haaroitus eli forkki, lohkoketjun sirpaloinniksi (engl. sharding) kutsuttava useiden ketjujen päällekkäinen käyttö ja horisontaalinen osittaminen (Zhou ym., 2020). Toisen kerroksen off-chain-skaalauksratkaisuja ovat esimerkiksi lohkoketjujen ekosysteemeissä (kuvio 1) keskeisessä asemassa olevat sivuketjut, joita käydään tarkemmin läpi alaluvussa 3.2.3.

Nykypäivänä jo pelkästään peruslohkoketjuja on olemassa pitkälti toista saataa, ja niistä sopivimman valintaan vaikuttavat keskeisesti mm. käynnistettävän

projektin laatuominaisuudet, käytötapaus, sekä aikahorisontti. Lisäksi lohkoketjualustojen tärkeimmät arkkitehtoniset ominaisuudet, kuten toiminnallisuus, laajennettavuus, suorituskyky, skaalautuvuus, turvallisuus, hajauttaminen ja yksityisyys yhdessä lohkoketjutoteutusten taustalla olevien teknisten päätösten, esimerkiksi transaktiomaksujen, luottamusmekanismien, älysopimusten, ohjelmointikielien ja lupajärjestelmien kanssa vaikuttavat suoraan lohkoketjun valintaan ja sitä kautta niin alustalla olevien sovelluskehittäjien kuin käyttäjienkin lukumäärään. (Garriga ym., 2021.)

### 3.2.1 Ethereum

Ethereum on ohjelmoija Vitalik Buterinin vuonna 2013 ideoima, loppukesästä 2015 käyttöön otettu avoimen lähdekoodin julkinen, lohkoketjuteknologiaan perustuva hajautettu tietojenkäsittelyalusta, verkko sekä käyttöjärjestelmä älysopimuksille ja hajautetuille sovelluksille. Ethereum-protokolla on suunniteltu älykkäiden sopimusten ympärille, jotka prosessoidaan Turing-täydellistä Solidity-ohjelmointikieltä käyttävän Ethereum-virtuaalikoneen (Ethereum Virtual Machine, EVM) avulla (Bashir, 2017; Mougayar, 2016). Ethereumia kutsutaan usein toisen sukupolven lohkoketjuksi sen älysopimukseen liittyvän toiminnallisuutensa vuoksi. Nykyisin PoS-konsensusmenetelmää käyttävän Ethereum-verkon natiivivarahake, kryptovaluutta Ether (ETH), on tarkoitettu sen verkossa tapahtuvien maksujen ja älysopimusten suorittamiseen. Markkina-arvoltaan Ethereum on tällä hetkellä noin 15 % osuudellaan Bitcoinin jälkeen toiseksi suurin kryptovaluutta, mutta sen käyttöjärjestelmän älysopimustuki ja monipuolinen ohjelmoitavuus on tehnyt siitä ensimmäisen ja oletettavasti myös käytetyimmän lohkoketjun DAO:iden ja muiden hajautettujen sovellusten keskuudessa (Frankenfield, 2022; Faqir-Rhazoui, Arroyo & Hassan, 2021).

### 3.2.2 Muut lohkoketjut

Vaikka Ethereum on ominaisuuksiensa, edelläkävijän asemansa ja valtavan verkostovaikutuksensa johdosta yksi tämän hetken suosituimmista lohkoketjuista, on markkinoille ilmaantunut myös monia muita vaihtoehtoisia julkisia lohkoketjualustoja, jotka pyrkivät kehittämään edelleen sen konseptia ja arvolupauksia. Koska hajautettujen autonomisten organisaatioiden toiminta edellyttää lohkoketjulta älysopimusten ja sitä kautta hajautettujen sovellusten tukemista, selvitetään seuraavassa listauksessa muita nämä ehdot täyttäviä keskeisiä lohkoketjualustoja.

- **Solana** on Ethereumin tapaan julkinen, avoimen lähdekoodin lohkoketju, joka tukee älykkäitä sopimuksia ja useita hajautettuja sovelluksia. Solanan kehittivät tietojenkäsittelytieteilijä Anatoli Yakovenko ja yrittäjä Raj Gokal vuonna 2017 tavoitteenaan ratkaista Ethereumin skaalautuvuusongelmia. Solana tekee tämän ainutlaatuisella hybridimallin konsensusmekanismilla, jossa yhdistyvät Proof of Stake (PoS) ja Proof of History (PoH). Solana toi

vuonna 2020 markkinoille SOL-nimeä kantavan natiivirahakkeensa, jota voidaan käyttää sekä steikkaamiseen (engl. staking) että älysopimusten tai muiden tapahtumien suorittamisen maksamiseen. Vaikka Solana on kasvattanut nopeasti suosiotaan lohkoketjikäyttäjien etsiessä nopeampia ja halvempia vaihtoehtoja Ethereumin ulkopuolelta, sitä on kritisoitu muun muassa heikosta hajautuneisuudesta, kierrossa olevien rahakkeiden epäselvästä lukumäärästä sekä alustalla esiintyneistä verkko-ongelmista. (Conway, 2022a.)

- **Avalanche** on Emin Gün Sirerin vuonna 2018 perustama, alkujaan anonyymien Team Rocket -ryhmän julkaisemassa dokumentissa "Snowflake to Avalanche: A Novel Metastable Consensus Protocol Family for Cryptocurrencies" (2018) esitetty julkinen lohkoketjualusta. Avalanchen ajatuksena on ratkaista perinteinen lohkoketjutrilemma käyttämällä yhtäaikaisesti kolmea sisäänrakennettua lohkoketjua: vaihtoketjua (X-Chain), alustaketjua (X-Chain) ja sopimusketjua (C-Chain). Vaihtoketjussa protokollat noudattavat Avalanchen kehittämää Proof of Stake -pohjaista toistuvan osaotosäänestyksen (engl. repeated sub-sampled voting) konsensusmenetelmää, jossa validaattorit tiedustelevat lohkoketjun tilan satunnaisesti valituilta kollegajoukoiltaan. Alusta- ja sopimusketjut puolestaan toteuttavat Avalanchen ketjuoptimoitua ja korkean suorituskyvyn Snowman-konsensusprotokollaa, joka soveltuu älysopimukseen. Avalanchen natiivirahake on nimeltään AVAX (Rocket ym., 2019).
- **BNB Chain** on kryptovaluuttapörssi Binancen, perustajansa Changpeng Zhaon johdolla vuonna 2019 käynnistämä julkinen lohkoketju, joka tunnettiin aiemmin nimillä Binance Chain ja Binance Smart Chain. Vuonna 2022 toteutuneen fuusion myötä BNB-ketju koostuu BNB-lohkoketjun hallintaan tarkoitettusta BNB Beacon -ketjusta sekä EVM-yhteensopivasta BNB Smart -ketjusta. BNB Chain käyttää Proof of Staked Authority (PoSA) -konsensusmekanismia, joka on hybridiversio Delegated Proof of Stake (DPoS) sekä Proof of Authority (PoA) -konsensusalgoritmeista. Lohkoketjun PoSA-konsensusratkaisussa on ainoastaan 21 validaattoria, minkä vuoksi se on huomattavasti kilpailijoihin keskitetympi. BNB Chainin natiivirahake on Binance-ekosysteemissä käytetty BNB, jota käytetään niin ikään steikkaukseen, transaktiomaksuihin, omaisuudensiirtoon sekä älysopimusten suorittamiseen. Alkuvuonna 2021 BNB-ketju saavutti voimakkaan kasvun tarjotessaan uusia rahakkeita ja hajautettuja sovelluksia tukevan edullisemmän vaihtoehdon Ethereumille. (Asif, 2022.)

### 3.2.3 Toisen kerroksen protokollat ja sivuketjut

Toisen kerroksen (Layer 2) protokollat ovat peruslohkoketjun päälle rakennettuja integraatoratkaisuja, jotka helpottavat skaalautuvuutta varmentamalla todennettuja tapahtumia itsenäisesti pääketjun ulkopuolella. Tämä helpottaa suurempien transaktiomäärien käsittelyä, mikä taas mahdollistaa eri



käyttötarkoituksiin sopivien sovellusten rakentamisen erilaisia Layer 2 -ratkaisuja hyödyntäen. Nämä ratkaisut keventävät pääverkon kuormitusta ja laskevat sitä kautta transaktiokustannuksia (Gudgeon ym., 2020). Toisen kerroksen ratkaisut eivät vaadi muutoksia ensimmäisen kerroksen mekanismiin, vaan ne täydentävät ja laajentavat turvallisuuden takaavaa ensimmäisen kerroksen pääketjua tarjoamalla esimerkiksi korkean, jopa tuhansia tapahtumia sekunnissa prosessoivan suorituskyvyn. Thibaultin, Sarryn ja Hafidin (2022) mukaan tämänlaiset lisäosaratkaisut voidaan jaotella neljään luokkaan: tilakanaviin (engl. state channels) sivuketjuihin (sidechains), sisäkkäisiin lohkoketjuihin (Plasma) sekä rollupeihiin ja validiumeihin.

Sivuketjuja käytetään niin ikään Layer 1 -lohkoketjun rinnalla suurten transaktioiden järjestelyyn skaalautuvuuden parantamiseksi. Sivuketjun käyttö perustuu peruslohkoketjun kanssa yhteensopiviin aliketjuihin, joissa prosessoitavia tapahtumia ei tarvitse lähettää pääketjuun joka kerta (Im, 2018). Sivuketjut ovat siis toissijaisia, omalla konsensusmekanismillaan toimivia ketjuja, jotka mahdollistavat ensimmäisen kerroksen lohkoketjusta peräisin olevien varojen siltauksen ja käytön toisessa lohkoketjussa. Sivuketjut toimivat rinnakkain ja vuorovaikuttavat emoketjunsä kanssa kaksisuuntaisten siltojen (engl. two-way bridges) kautta, johtamatta kuitenkaan turvallisuuttaan tai tietojen saatavuuttaan peruslohkoketjusta (Thibault, Sarry & Hafid, 2022).

### 3.3 Konsensusmekanismit

Lohkoketjuissa luottamus perustuu niin kutsuttuihin konsensusmekanismeihin, jotka määrittävät sen, kuinka tapahtuman oikeellisuudesta voidaan varmistua. Konsensusprotokolla on vastaavasti mekanismi, jonka avulla kaikki lohkoketjun käyttäjät hyväksyvät transaktion oikeellisuuden ja tapahtumarekisterin sisällön (Enisa, 2017). Konsensusmekanismien pääasiallisena tarkoituksena on pitää järjestelmä ajantasaisesti käynnissä, sekä varmistaa, että sinne tallennetut tiedot ovat kaikkien verkon osapuolten hyväksymiä. Käyttäjien ei tarvitse luottaa välittäjään tai verkon muihin käyttäjiin, vaan riittää, että käyttäjät luottavat itse järjestelmään (Nofer ym., 2017). Konsensusalgoritmillä on ratkaiseva merkitys lohkoketjuturvallisuuden ja -tehokkuuden ylläpitämisessä. Oikeanlaisen algoritmin käyttö voi lisätä huomattavasti lohkoketjusovelluksen suorituskykyä ja se valitaan kunkin lohkoketjun käyttötärpeen mukaan (Mingxiao ym., 2017).

Hajautetuilla järjestelmillä on olemassa lukuisia konsensusmekanismivaihtoehtoja, jotka hyödyntävät keskenään erilaisia luottamus- ja todistekeinoja kelvollisten tapahtumien validoimiseksi, tarjoten lohkoketjuille suorituskyvyn lisäksi erilaisia nopeuden ja turvallisuuden tasoja. Huomionarvoista on, ettei hajautetuissa järjestelmissä ole olemassa täydellistä konsensusprotokollaa, sillä sen on aina tehtävä kompromissi eheyden, saatavuuden ja verkon pirstoutumisen sietokyvyn välillä. Lisäksi konsensusprotokollan on puututtava myös Bysantin kenraalien ongelmaan, jossa kaikkiin osapuoliin ei voida luottaa, mutta yhteisymmärrys eli konsensus pitäisi silti saavuttaa (Lamport, Shostak & Pease, 2019;

Zhang & Lee, 2020). Konsensusmekanismeja on olemassa kahdenlaisia: todistepohjaisia ja äänestysperusteisia. Seuraavissa alaluvuissa esitellään suosituimmat todistepohjaiset lohkoketjukonsensusmekanismit, sillä ne soveltuvat erityisesti julkisten, ei-luvanvaraisten lohkoketjujen konsensusprosesseihin (Nguyen & Kim, 2018).

### 3.3.1 Proof of Work

Lohkoketjujärjestelmissä on toistaiseksi hyvin yleisesti sovellettu niin sanottua työntodistukseen (engl. Proof of Work, PoW) perustuvaa konsensusmekanismia. Proof of Work -pohjainen kryptovaluuttojen louhinta tarkoittaa käytännössä prosessia, jossa lohkoketjua ylläpitävät tehokkaat tietokoneet kilpailevat siitä, kuka saa ensimmäisenä ratkaistua nykyisin jo äärimmäisen haastavan matemaattisen yhtälön ja pääsee sitä kautta lisäämään uuden lohkon ketjuun. Näiden louhijoiden motivaattorina toimivat louhintapalkkio ja pieni transaktiomaksu, jonka ensimmäisenä matemaattisen, laskennallisesti hyvin intensiivisen ja stokastisen ongelman ratkaissut taho voittaa (Castor, 2017). Ratkaisun löytämistä voidaan verrata kaivostyöläiseen, joka löytää kultaa; tästä syystä hashing-prosessia eli syötötietojen muuntamista ja generointia kiinteän kokoiseksi merkkijonoksi kutsutaan louhinnaksi ja sen suorittava solmu tunnetaan louhijana (Oyinloye ym., 2021). Kuka tahansa voi osallistua louhintaan omaa laskentatehoaan hyödyntäen, mikä on johtanut siihen, että merkittävimmissä lohkoketjujärjestelmissä, kuten Bitcoinissa, työntodistuksen laskentaan käytetty prosessointitehon määrä ja siten energiankulutus on viime vuosina kasvanut hyvin korkeaksi. Tämän vuoksi Proof of work -konsensusalgoritmia hyödyntävät lohkoketjujärjestelmät näyttävät nykyisellään suhteellisen epäekologisena vaihtoehtona (Mattila ym., 2019).

### 3.3.2 Proof of Stake

Osuus- tai varantotodistukseen (engl. Proof of Stake, PoS) perustuvassa konsensusmenetelmässä keskitytään kalliisiin louhintalaitteisiin sijoittamisen sijaan hankkimaan järjestelmässä olevia tokeneita eli rahakkeita. Tässä menetelmässä lohkoketjuprotokolla valitsee validaattorit heidän rahakeomistuksiensa perusteella. Validaattorit steikkaavat, ts. lukitsevat kryptovarojaan lohkoketjun toiminnan ylläpitoon, mikä samalla varmistaa heidän insentiivinsä toimia oikein (Buterin, 2014). Jos osallistuja omistaa 10 % rahakkeiden kokonaisuudesta, todennäköisyys sille, että tällainen osallistuja louhii seuraavan lohkon, on 10 %. Kaikkien PoS-konsensusprotokollaverkon osallistuvien solmujen on todistettava omistavansa tietty määrä näistä verkkoon lukituista panoksista (engl. stake). Lohkon luomisesta saatava palkkio koostuu tapahtumien tekijöiltä kerätyistä transaktiomaksuista (Oyinloye ym., 2021). Koska Proof of Stake -menetelmässä ei käytetä laskentatehoa, on se huomattavasti Proof of Workia energiatehokkaampi ratkaisu (Castor, 2017). Ethereum-lohkoketju siirtyi syyskuussa 2022 koko verkkonsa osalta Proof of Work -konsensusmallista Proof of Stake -malliin. Tämän jo vuosia kestäneen Ethereum 2.0 -päivityksen The Merge-nimellä

kutsutun tapahtumavaiheen tarkoituksena on taata protokollalle parempi skaalautuvuus, turvallisuus ja kestävyys. Samalla se laskee verkon ylläpitoon vaadittavaa energiankulutusta arvioilta noin 99,95 % (De Vries, 2022).

### 3.3.3 Delegated Proof of Stake

Sekä PoW- että tavalliset PoS-lohkoketjut ovat kohdanneet kritiikkiä liittyen niiden väitettyyn kyvyttömyyteen käsitellä tapahtumia nopeasti. Vastauksena tähän kritiikkiin molemmista konsensusalgoritmeista on kehitetty lukuisia variantteja, joista kenties tunnetuin on PoS-protokollamuunnos, joka tunnetaan nimellä delegoitu varantotodistus (engl. Delegated Proof of Stake, DPoS). DPoS-mallissa verkolla on suhteellisen pieni ja kiinteä lukumäärä edustajiksi tai "todistajiksi" (engl. witnesses) kutsuttavia validaattoreita, jotka vahvistavat uudet lohkot ja joille muut jäsenet voivat delegoida rahakkeitaan. Mitä enemmän delegoijat steikkaavat rahakkeitaan edustajalle, sitä suurempi mahdollisuus sillä on tulla valituksi seuraavan lohkon vahvistajaksi. Näitä validaattoreita myös äänestetään yhteisön toimesta, joten huonosti toimiva ylläpitäjä voi menettää vahvistajan valtuutensa. Rajattu validaattorimäärä ja siten pienentynyt verkon koko mahdollistavat teoriassa nopeammat tapahtumanopeudet, koska harvempien agenttien on konvergoituttava pääkirjan yhteiseen versioon. Rajoitettu määrä todistajia johtaa kuitenkin samalla verkon osittaiseen sentralisaatioon. (Irresberger ym., 2021.)

### 3.3.4 Muut

Kuten todettua, konsensusmekanismeja vertailtaessa on tärkeää ottaa huomioon sen toimivuus niin hajauttamisen, turvallisuuden kuin skaalautuvuudenkin osalta. Suurin osa konsensusmekanismeista voi optimoida vain kaksi näistä kolmesta tekijästä – turvallisuus heikentää usein skaalautuvuutta ja voi johtaa sentralisaatioon, kun taas skaalautuvat verkot saattavat olla herkempiä hyökkäyksille. Lohkoketjuteknologian nopea kehitys edellyttää jatkuvasti tehokkaampia konsensusalgoritmeja, jotka sisältävät integroidut palkkio- ja rangaistusmekanismit järjestelmän suorituskyvyn, vikasietokyvyn ja turvallisuuden parantamiseksi (Bains, 2022). Uusia menetelmiä kehitetään jatkuvasti, joten oletettavasti lohkoketjuteknologian kehittyessä myös konsensusmekanismit muuttuvat ja niiden määrä tulee yhä kasvamaan. Yllä esiteltyjen suosituimpien vaihtoehtojen lisäksi muita mainitsemisen arvoisia julkisiin lohkoketjuihin soveltuvia konsensusalgoritmeja ovat muiden muassa:

- **Proof of Activity** (PoA tai PoAc) on toiminnan todistuksen hybridialgoritmi, joka yhdistää ominaisuuksia Proof of Workista ja Proof of Stakesta. Ensinnäkin tässä algoritmissa hyödynnetään työntodistuksen louhintakonseptia, jossa louhijat kilpailevat laskentatehoillaan siitä, kuka pääsee luomaan uuden lohkon. Kun lohko on luotu, protokolla valitsee sattumanvaraisesti, varantotodistukseen perustuvan konsensusmenetelmän mukaisesti ne validaattorit, jotka pääsevät vahvistamaan lohkon. Lohkon validointi päättyy ja se voidaan

liittää lohkoketjuun, kun kaikki valitut validaattorit ovat allekirjoittaneet lohkon kryptografisen avaimen avulla. Toiminnan todistuksen konsensusalgoritmia pidetään erityisen turvallisena, mutta Proof of Work -menetelmän taivoin se johtaa resurssien tuhlaamiseen. (Ferdous, Chowdhury & Hoque, 2021.)

- **Proof of Authority (PoA)** on luotettuihin toimijoihin perustuva konsensusmenetelmä, jossa vain ennalta määritetyt solmut saavat validoida ja lisätä lohkoja ketjussa. Luotettuihin toimijoihin perustuvan mallin etuna on lohkoketjussa olevan tiedon validoinnin vastuiden selkeys, korkea suorituskyky ja matala latenssi. Yksin käytettynä se vastaa hyvin pitkälle perinteistä luotettuun kolmanteen osapuoleen perustuvaa toimintamallia, minkä vuoksi siinä menetetään lohkoketjun taustalla oleva idea siitä, ettei mikään yksittäinen taho voi yksinään muuttaa lohkoketjuun tallennettua tietoa. (Rahkola, 2019.)
- **Proof of History (PoH)** eli historian todistuksen konsensusalgoritmi perustuu ideaan, jossa pyritään transaktion aikaleimaan luottamisen sijaan varmistamaan kryptografisesti kahden tapahtuman välinen aika. Proof of History voidaan nähdä korkeafrekvenssisenä, todennettavissa olevana viivetoimintona (engl. verifiable delay function, VDF), joka edellyttää tietyn määrän peräkkäisiä vaiheita laskeakseen matemaattis-loogisen lausekkeen arvon tehokkaasti ja julkisesti, todennettavissa olevan uniikin tulosteen tuottamiseksi. Laskentasarja käyttää kryptografisesti suojattua toimintoa, joka on kirjoitettu siten, ettei tulostetta (output) voida ennustaa syötteestä (input) (Yakovenko, 2018). Vaikka tämänlainen hajautusfunktio mahdollistaa järjestelmän turvallisuuden ja suuren määrän prosessoituja transaktioita sekunnissa (engl. transactions per second, TPS), on historian todistuksen konsensusalgoritmia kritisoitu muun muassa sen validaattoreille asettamista korkeista laitteisto- ja datatapasiteettivaatimuksista.

### 3.4 Älysopimukset

Lohkoketjujen älysopimukset tai älykkäät sopimukset (engl. smart contracts) tarkoittavat ketjussa tapahtuvia transaktioita, jotka ovat kehittyneempiä kuin yksinkertaiset valuuttasiirrot, ja jotka voivat sisältää laajamittaisia ehtoja. Lohkoketjujen älysopimukset ovat kuin mikä tahansa sopimus, kahden tai useamman osapuolen välinen toimi, jolla luodaan velvoitteita. Älysopimukset eroavat perinteisistä suullisista tai kirjallisista sopimuksista siinä mielessä, ettei niissä tarvitse luottaa toisiinsa osapuoliin. Luottamusta ei tarvita, koska älykäs sopimus on kirjattu lohkoketjun koodiin, joka voimaannuttaa sopimuksen automaattisesti, mikäli siinä esitetyt ehdot täyttyvät. Älysopimuksilla katsotaan olevan viisi ominaispiirrettä, jotka ovat elektroninen muoto, itsesääntely, ehdollinen luonne, liisääntynyt varmuus ja omavaraisuus (Swan, 2015).

Älysopimukset ovat mahdollistaneet esimerkiksi pseudonyymien käyttäjien jatkuvan demokraattisen äänestyksen perusteella ohjautuvien sovellusten, ts.

hajautettujen sovellusten ja virtuaalisten organisaatioiden eli DAO:iden syntyminen (Bashir, 2017). Myös DAO:iden näkökulmasta älysopimuksien tarkoituksena on varmistaa, että automatisoidut prosessit, kuten äänestäminen ja varojen jakaminen toimivat ennalta määritettyjen sääntöjen mukaisesti. Koska DAO-älysopimukset auttavat sekä virallistamaan hajautetun autonomisen organisaation säännöt että varmistamaan sovelluksen vikasietoisuuden, tulee niiden kehitysvaiheessa kiinnittää huomiota erityisesti perustettavan organisaation käyttötarkoitukseen ja sopimusten testaamiseen.

### 3.4.1 Historia ja toimintaperiaate

Ensimmäisenä älykkään sopimuksen käsitteen esitteli tietojenkäsittelyopin tutkija ja asianajaja Nick Szabo (1994) artikkelissaan "Smart Contracts". Artikkelissaan hän määritteli älykkään sopimuksen joukoksi lupauksia ja protokollia, jotka on määritelty digitaalisessa muodossa ja joissa osapuolet täyttävät nämä lupaukset. Szabon ajatukset olivat ilmestysvuonnaan edistyksellisiä, mutta silloinen tietotekniikka ei ollut tarpeeksi kehittynyttä tämänlaisten digitaalisten alustojen ja sovellusten käytännön kokeilulle. Vaikka älykkäiden sopimusten tukemiseen käytettävissä oleva tekniikka on sittemmin kehittynyt huomattavasti, tämä määritelmä pitää edelleen sisällään tiedon siitä, mitä älykkäät sopimukset ovat ja mitä ne tekevät.

Älysopimusten toimintaperiaate perustuu automaatioon, jossa vaihdon väline, kuten omaisuus tai valuutta siirretään ohjelmaan koodina. Tämän jälkeen ohjelma suorittaa syötetyn koodin, vahvistaa ehdot ja tarkistaa automaattisesti, siirretäänkö kyseinen arvo vastaanottajalle, palautetaanko se lähettäjälle vai onko jokin näistä kahdesta vaihtoehdosta muodostuva yhdistelmä mahdollinen. Samalla lohkoketjun hajautettu päärekisteri varastoi ja kopioi asiakirjan, mikä ehkäisee luvattomien muutosten tekemistä (Jan, 2018). Älykkäitä sopimuksia on mahdollista luoda mihin tahansa lohkoketjuun, jolla on ominaisuus niiden tukemiseksi. Esimerkiksi Bitcoin tukee vain yksinkertaisia älykkäitä sopimuksia, kun taas yleisin älykkäiden sopimusten kehittämisalusta Ethereum ja monet muut lohkoketjut ovat niiden osalta kehittyneempiä.

Seuraava yksinkertainen esimerkki (kuvio 2) tarjoaa konkretisoinnin siitä, miltä Solidity-ohjelmointikielellä Ethereum-lohkoketjuun kirjoitettu älysopimus näyttää.

```

pragma solidity >=0.4.21;

contract Wallets {
    address public owner;
    mapping (address => unit) public balances;

    function Wallets() public
    {   owner = msg.sender; }

    function load(unit amount) public
    {   if (msg.sender != owner) return;
        balances[msg.sender] += amount; }

    function transfer(address receiver, unit amount) public
    {   if (balances[msg.sender] < amount) return;
        balances[msg.sender] -= amount;
        balances[receiver] += amount; }
}

```

KUVIO 2 Esimerkki Solidity-ohjelmointikielen älysovimuksesta (Garcia Bringas, Pastor-López & Psaila, 2020)

Tässä esimerkissä sopimuksen omistaja hyödyntää *load*-funktiota ladatakseen rahaa lompakkopooliin, joka on nimetty omistajan lompakoksi. Tätä ennen on kuitenkin tarpeen tarkistaa, onko liikkeellelaskija määritetty omistajaksi (*owner*). Jos on, omistajan lompakkoon ladataan rahaa vastaanotetun *amount*-parametrimäärän mukaisesti. Älysovimusesimerkin viimeinen toiminto on nimeltään *transfer*, eli siirto, jota kuka tahansa sopimuksen mukaisen lompakon käyttäjä voi kutsua siirtääkseen rahaa toisen käyttäjän lompakkoon. Tämä funktio sisältää kaksi parametria, vastaanottajan osoitteen (*address receiver*) ja siirrettävän rahasumman (*unit amount*). Ensin on tarkistettava, onko lähettäjäkäyttäjällä tarpeeksi rahaa siirrettäväksi. Jos ei ole, toiminto päättyy ilman vaikutusta. Tämä tarkistus kattaa myös tapauksen, jossa sopimukselle aiemmin tuntematon käyttäjä yrittää siirtää rahaa: käyttäjää ei yksinkertaisesti ole funktiota kokoelman jokaiseen elementtiin soveltavalla kartalla, jolloin lompakon nykyisenä saldona saadaan nolla-arvo. Tämän funktion toinen käsky vähentää siirretyn summan lähettäjän lompakosta, kun taas vastaavasti viimeinen käsky lisää siirretyn summan vastaanottajan lompakkoon. (Garcia Bringas, Pastor-López & Psaila, 2020.)

### 3.4.2 Hyödyt

Älysovimusten itsensä toteuttava luonne tarjoaa useita hyötyjä alasta riippumatta. Yksi näiden sopimusten suurista hyödyistä on niiden itsenäisyys eli autonomia. Koska käyttäjä on itse vastuussa sopimuksen luomisesta, ei tarvita enää kolmansia osapuolia varmistamaan sopimuksen toteutumista. Samalla myös mahdollisuus välikäsien aiheuttamiin manipulointeihin tai virheisiin poistuu. Tämä lisää sopimukseen myös turvallisuutta, koska tieto on turvassa lähes hakeroimattoman salakoodin takana, useaan kertaan varmuuskopioituna. Turvallisuuden lisäksi älykkäät sopimukset lisäävät luottamusta, kun asiakirjat

salataan jaettuun tilikirjaan käyttäjien kesken. Koodimuotoon kirjoitetun sopimuksen suurena etuna on helppo tulkittavuus ja näin ollen lisääntynyt varmuus. (Jan, 2018.)

Ohjelmointikielet perustuvat logiikkaan, eikä sopimuksen ehdot ole näin ollen tulkittavissa väärin. Tämä on etuna myös kansainvälisissä järjestelyissä, sillä ohjelmoidut sopimukset eivät ole riippuvaisia kielestä tai kansallisista laeista (Swan, 2015). Yksi älykkäiden sopimusten mullistavimmista ominaisuuksista verrattuna perinteisiin sopimuksiin on niiden nopeus. Perinteisesti asiakirjojen manuaalinen prosessointi vie paljon aikaa. Älykkäät sopimukset säästävät aikaa hyödyntämällä ohjelmistokoodia näiden toimien automatisoimiseksi. Automatisoinnin avulla saavutetaan myös rahallista säästöä, kun asiakirjojen käsittelyyn tai transaktioiden ohjaamiseen ei tarvita erillisiä tahoja. Koska älykkäät sopimukset toimivat täysin virtuaalisesti, niiden parissa ei ole tarpeen käyttää myöskään paperia. Lisäksi koneellinen automaatio on hyvin tarkkaa ja se kykenee välttämään inhimilliset virheet, joita manuaalisessa käsittelyssä voi syntyä (Shermin, 2017).

### 3.4.3 Haasteet

Vaikka kirjallisuudessa älykkäiden sopimusten turvallisuus on pääasiassa esitetty eduksi, näin ei kuitenkaan välttämättä ole. Yksi älykkäiden sopimusten suurimmista haasteista on se, ettei niitä voida muuttaa jälkikäteen. Mikäli ohjelmoidussa koodissa esiintyy pienikin virhe tai jokin kriittinen osa puuttuu, sopimusta ei suoriteta. Muokkaamattomuuden seurauksena kaikki sopimussidotut tiedot menetetään lohkoketjusta, mikäli älynsopimus korvataan uudella versiolla. Myös älynsopimusten ohjelmointia voidaan pitää jossain määrin haasteellisena, sillä lohkoketjunalustoja hyödyntävien sovelluksien toteuttaminen on ohjelmistokehityksen näkökulmasta verrattain uutta. Sopimuskoodissa olevat virheet tai puutteet voivat johtaa haavoittuvuuksiin, joita hyödyntämällä jokin ulkopuolinen taho voi vaarantaa sovelluksessa olevan tiedon eheyden, saatavuuden ja luottamuksellisuuden. Älynsopimuksista löytyvät haavoittavuudet ovat kuitenkin pääasiassa seurausta joko ohjelmointivirheistä tai sopimusten suoritussympäristön puutteellisesta ymmärtämisestä. (Morphy, 2018; Atzei, Bartoletti & Cimoli, 2017.)

Huomioitavaa on myös, että älykkäät sopimukset sisältävät useita oikeudellisia kysymyksiä, jotka on ratkaistava ennen kuin niitä voidaan ottaa laajemmin käyttöön. Yksi tämänlainen haaste on niiden kyvyttömyys ottaa huomioon implisiittisiä odotuksia tai käsitellä odottamattomia ja poikkeuksellisia olosuhteita. Implisiittisellä odotuksella tarkoitetaan niin sanottua kirjoittamatonta sääntöä, mikä on olettaen siitä, että sopimuspuolet toimivat oikeudenmukaisesti toisiaan kohtaan. Tämän koetaan sisältyvän jokaiseen sopimukseen, vaikkei sitä erikseen sopimusehdoissa mainittaisikaan. Koska älykkäät sopimukset perustuvat tiukasti ohjelmoituihin sääntöihin, ne eivät kykene ottamaan huomioon tämänkaltaisia julkilausumattomia ominaisuuksia tai toissijaisia näkökohtia (Morphy, 2018). Monimuotoisuutensa ja perinteisestä sopimuksesta poikkeavan

luonteensa takia älysopimukset saattavat johtaa erilaisiin ongelmatilanteisiin tulevaisuudessa, eikä niiden vaikutusten arvioiminen ole toistaiseksi välttämättä järin helppoa (Lauslahti, Mattila & Seppälä, 2016).

### 3.5 Hajautetut sovellukset

Hajautetut sovellukset (engl. decentralized applications, DApps) ovat digitaalisia sovelluksia tai ohjelmia, jotka toimivat lohkoketju- tai vertaisverkossa. Hajautetussa sovelluksessa yhdistyvät älykkääseen sopimukseen kirjattu logiikka ja käyttöliittymäkoodi. Hajautetut sovellukset eroavat tavallisista verkkosivustolla tai mobiililaitteella toimivista, keskuspalvelimiin nojaavista ohjelmistosovelluksista siinä, että niiden taustakoodi toimii lohkoketjun hajautetussa vertaisverkossa. Hajautettujen sovellusten kehityksen etuna nähdään muun muassa yksityisyyden säilyttäminen, täydellinen tietojen eheys sekä luotettava laskenta (Gillis, 2022; Wackerow, 2022). Johnston ym. (2014) määrittelevät jo varhain julkaisemassaan raportissa hajautetut sovellukset seuraavien välttämättömien ominaisuuksien mukaan:

- Hajautetun sovelluksen tulee perustua avoimeen lähdekoodiin ja toimia ilman kolmansiä osapuolia
- Kaikki tieto on säilytettävä julkisesti saatavilla olevassa lohkoketjuverkossa
- Hajautetulla sovelluksella tulee olla kryptografinen rahake käyttöä ja osallistujien palkitsemista varten
- Hajautetun sovelluksen on noudatettava jotakin konsensusmekanismia

Tämän laajan määritelmän mukaan myös Bitcoin-lohkoketju voidaan laskea hajautetuksi sovellukseksi ja näin ollen todennäköisesti ensimmäiseksi hajautetuksi sovellukseksi ikinä. Nykyään termillä *hajautettu sovellus* viitataan yleensä kuitenkin kaikkiin lohkoketjuverkossa toimiviin sovelluksiin, joilla on älysopimustoimintoja (Buterin, 2014), minkä vuoksi Bitcoin-lohkoketjua ei useinkaan enää pidetä varsinaisena hajautettuna sovelluksena. Antonopoulos ja Wood (2018) mainitsevat, että lohkoketjuteknologiaan pohjautuvien hajautettujen sovelluksien avulla World Wide Web voidaan viedä kehityksessään seuraavalle tasolle, jolloin kyse on termistä *Web3*. Se eroaa aikaisemmista kehityskerroksistaan mahdollistamalla käyttäjilleen kirjoittamisen ja lukemisen lisäksi myös digitaalisen omistajuuden, sisältäen esimerkiksi yksityisyyden suojan ja turvallisuuden painotuksen sekä oman datasisällön kontrolloinnin. Koska myös hajautetut sovellukset ovat vielä tänä päivänä alkuvaiheessaan, on vielä epäselvää, kykenevätkö ne vastaamaan skaalautuvuuden, käyttäjäystävällisen käyttöliittymän ja koodimuutosten tekemisen niille asettamiin haasteisiin (Wackerow, 2022).

Hajautetut sovellukset tarjoavat eri toimialoilla toimiville tahoille uuden lähestymistavan, jolla voidaan tavoittaa aiempaa suurempi käyttäjämäärä.



Hajautettujen sovellusten ja Web3:n eräinä tärkeimpinä sovellusalueina tai käyttötapauksina voidaan toistaiseksi pitää pelaamista, digitaalisten hyödykkeiden (engl. non-fungible tokens, NFT) hallintaa, sekä hajautettuja finanssipalveluja (engl. decentralized finance, DeFi) ja hallinnointia (engl. governance) (Wu ym., 2021). Useimmat peleihin keskittyvät hajautetut sovellukset antavat pelaajille esimerkiksi täyden hallinnan pelin sisäisistä resursseista, jolloin pelaajien on mahdollista ansaita rahaa omistamistaan NFT-hyödykkeistä pelin ulkopuolella (Kiong, 2021). DeFi-palvelut ovat puolestaan hajautettuja finanssialan sovelluksia, jotka tarjoavat esimerkiksi maksu-, laina-, sijoitus-, vakuutus- ja omaisuudenhoitopalveluita lohkoketjun kautta (Gogel, 2021). Hajautetut sovellukset voivat antaa käyttäjille mahdollisuuden osallistua myös verkko-organisaatioiden hallintoon. Nämä lohkoketjua tukevat verkko-organisaatiot tunnetaan nimellä hajautetut autonomiset organisaatiot, joita käsitellään tämän tutkielman seuraavassa eli viimeisessä teorialuvussa. Tässä vaiheessa on syytä huomata, että DAO:t ovat organisaatioita, jotka käyttävät hajautettuja sovelluksia, mutta läheskään kaikki hajautetut sovellukset eivät ole DAO:ita.

## 4 HAJAUTETUT AUTONOMISET ORGANISAATIOT

Lohkoketjujen ja kryptoavaruuden eri evoluution vaiheet ovat mahdollistaneet monien uusien käyttötapausten ja teknologioiden, kuten hajautettujen organisaatioiden, syntymisen. Hajautetulla autonomisella organisaatiolla (engl. decentralized autonomous organization, DAO) tarkoitetaan uudenlaista organisaatiomuotoa, jonka hallinta- ja toimintasäännöt on tyypillisesti koodattu lohkoketjuun älysovimusten avulla. Hajautettujen autonomisten organisaatioiden odotetaan kumoavan perinteisen hierarkkisen johtamismallin ja vähentävän merkittävästi organisaatioiden viestintä-, hallinta- ja yhteistyökustannuksia. DAO:ssa päätöksenteko jaetaan tai delegoidaan avoimen yhteisön jäsenten kesken ilman keskitettyä hallintoa. Hajautetut autonomiset organisaatiot liittyvät keskeisesti Ethereumiin, joka on tällä hetkellä tärkein yleiskäyttöinen ja julkinen lohkoketju (Wang ym., 2019; Faqir-Rhazoui, Arroyo & Hassan, 2021). Tässä luvussa DAO:iden hajautettua järjestelmää ja tutkimuskenttää havainnollistetaan niin toimintaperiaatteiden, hallinnointitapojen, toimijaverkoston kuin ekosysteemin muodostumisenkin näkökulmasta.

### 4.1 Lyhyt historia

Organisaatioteoriassa on runsaasti kirjallisuutta erilaisista hajautetuista organisaatioista jo 1960-luvulta lähtien, mutta ensimmäiset suoranaiset viittaukset DAO:ihin ilmestyivät 1990-luvulla kuvaamaan sekä moniagenttijärjestelmiä esi- neiden internet (engl. internet of things, IoT) -ympäristössä että väkivallatonta hajautettua toimintaa globalisaation vastaisessa kansanliikkeessä (Schneider, 2014). Hajautettujen autonomisten organisaatioiden nykyaikainen merkitys voidaan jäljittää aikaisempaan hajautetun autonomisen korporaation (engl. decentralized autonomous corporation, DAC) käsitteeseen, joka syntyi muutama vuosi Bitcoinin ilmestymisen jälkeen. Tällöin hajautettua autonomista korporaatiota luonnehdittiin uudeksi hallinto- ja ohjausjärjestelmäksi, joka käyttää

tokenisoituja, vaihdettavissa olevia osakkeita keinona jakaa osinkoa osakkeenomistajille ja sidosryhmille (Hassan & De Filippi, 2021).

Tällaisia korporeatioita kuvailtiin korruptoitumattomiksi, ilman ihmisen osallistumista ja julkisesti tarkastettavien ohjeiden mukaan toimiviksi, avoimen lähdekoodin ohjelmistoiksi, jotka on jaettu sidosryhmien tietokoneille (Larimer, 2013). DAC-termin katsottiin liittyvän luonnostaan corporate governance -käytäntöihin, minkä vuoksi se koettiin liian rajoittavaksi monille lohkoketjupohjaisille sovelluksille, joilla on yleisempi tarkoitus. Niinpä termille ilmestyi useita vaihtoehtoja, jotka johtivat hajautettujen sovellusten syntymiseen (Johnston ym., 2014) ja myöhemmin DAO-termin vakiintumiseen (Buterin, 2014). Vaikka Bitcoinin on väitetty olevan käytännössä ensimmäinen DAO, ei termin nykymerkitys viittaa niinkään itse lohkoketjuverkkoon, vaan pikemminkin organisaatioihin, jotka on otettu käyttöön älysovimuksina olemassa olevassa lohkoketjuverkossa (Hassan & De Filippi, 2021).

Vuonna 2014 käsite nousi uudelleen esiin Ethereumin perustajajäsen Buterinin määriteltäessä DAO:n kirjallisessa raportissaan (2014) virtuaaliseksi kokonaisuudeksi, jolla on tietty joukko jäseniä tai osakkaita, joilla on oikeus käyttää yhteisön varoja ja muuttaa sen koodia. Ensimmäinen laajaa huomiota herättänyt DAO oli vuonna 2016 perustamisestaan ilmoittanut riskipääomarahasto The DAO. Tämän Ethereum-lohkoketjussa käynnistetyn DAO:n tarkoituksena oli luoda hajautettu joukkorahoitusala kryptovaluuttojen ICO (engl. initial coin offering) -joukkorahoitusmenetelmää hyödyntäen. Vain kuukausi The DAO:n käynnistämisen jälkeen sen kirjoitetussa ohjelmakoodissa ollut haavoittuvuus johti hankkeen varojen hakkerointiin, mikä puolestaan pakotti Ethereumin nk. hard forkkiin, jossa lohkoketju haarautettiin kahtia (Meher ym., 2019).

Sittemmin The DAO-hakkeroinnin aiheuttamat säännöstelyyn, turvallisuuden ja hallinnointiin liittyvät epävarmuudet ovat kannustaneet monia projekteja keskittymään uusien DAO:iden perustamista helpottavien konseptien, työkalujen ja teknisten standardien luomiseen (Sims, 2019). Uusien ja kehittyvien teknologioiden leviämistä markkinoille kuvaavan Gartnerin hypekäyrän vuoden 2019 raportissa DAO:t nähdään nopeampaa ja parempaa päätöksentekoa edustavana kehittyvänä ekosysteeminä, jolla tulee olemaan mullistava vaikutus kuluvien viiden tai kymmenen vuoden aikana (Panetta, 2019). Tulevaisuudessa DAO:iden ennustetaan nousevan verkkoyhteistyön luonnolliseksi hallintorakenteeksi, kunhan organisaatiot keksivät tehokkaampia keinoja osallistaa ja sitouttaa yhteisönsä jäsenet tai rahakkeenhaltijat toimintaansa (Faqir-Rhazoui, Arroyo & Hassan, 2021).

## 4.2 Uudenlainen tapa organisoitua

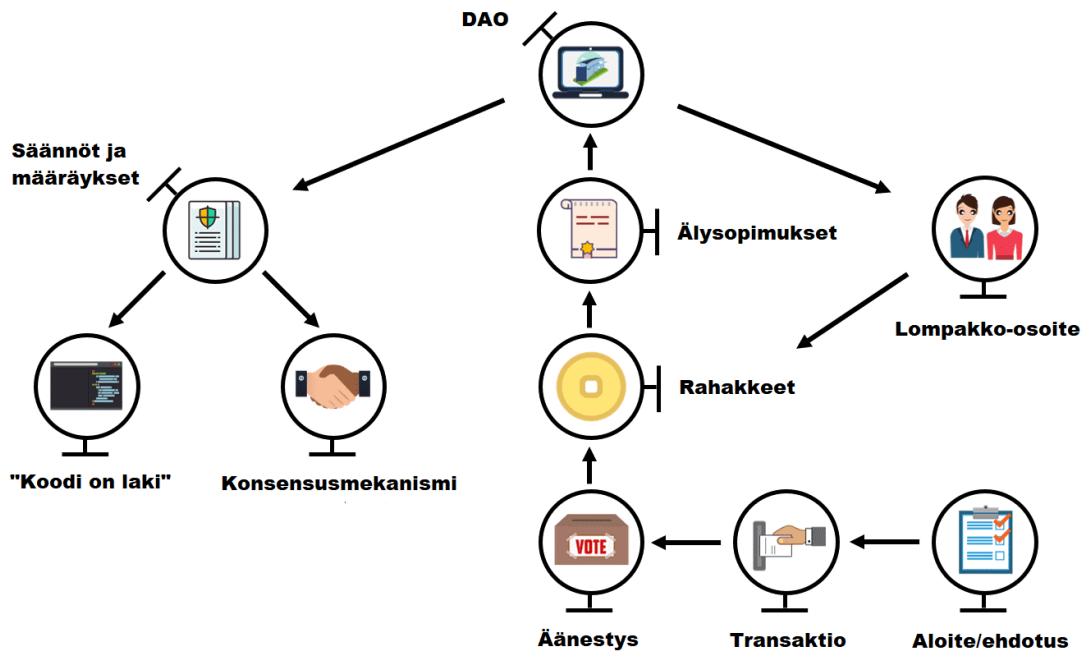
Hajautettu autonominen organisaatio on ilman luottamusta toimiva (engl. trustless) organisaatio, jonka avulla lohkoketjujen kehittäjät voivat automatisoida päätökset ja sopia kryptovaluutan tai protokollan parametreista. Tyypillisesti DAO:t implementoivat päätöksentekojärjestelmiä mahdollistaakseen yhteisön

yhteisymmärryksen. Yhteisymmärryksen seurauksena DAO toimii automaattisesti suorittamalla koodia lohkoketjussa. Näin ollen hajautetut autonomiset organisaatiot mahdollistavat kehittäjien ja käyttäjien maailmanlaajuisen yhteistyön ilman kolmansia osapuolia tai välittäjiä (Faqr-Rhazoui, Arroyo & Hassan, 2021). Tieteellisessä kirjallisuudessa useimmat DAO-määritelmät sisältävät ainakin seuraavat tunnusomaiset ominaisuudet (Hassan & De Filippi, 2021):

- DAO mahdollistaa ihmisten itsehallinnon ja -koordinoinnin verkossa
- DAO noudattaa lohkoketjun ominaisuuksia, kuten läpinäkyvyyttä, kryptografista turvallisuutta ja hajautuneisuutta
- DAO:n lähdekoodi on otettu käyttöön julkisessa lohkoketjussa, jossa on älysopimusominaisuuksia
- DAO:n itsensä toteuttavat älysopimukset määrittelevät organisaation säännöt ja vastaavat protokollan ylläpidosta
- DAO:n hallintotapa on hajautettu ja siten riippumaton keskitetystä hallintoelimestä

Näiden ominaispiirteiden lisäksi useimpien DAO:iden nähdään jakavan samat ydinkomponentit, kuten: **rahoitusmekanismi** rahoituksen keräämiseksi ja jäsenyyden myöntämiseksi, **moniallekirjoitus** (engl. multi-signature) varojen tallettamiseen ja transaktioiden valtuuttamiseen, **ryhmäkeskustelukanava** jäsenten väliseen kommunikointiin, **hallintoprosessi** strategisten päätösten tekemiseksi ja **operaatiotiimi** toimintojen käsittelyyn. Tämän ominaisuusjoukon lisäksi itseään ylläpitävän (engl. self-sustaining) protokollan peruselementeiksi voidaan laskea muiden muassa rahake, arvon valjastamismekanismi (engl. value capture mechanism), kehittäjäekosysteemi sekä yhteisöaloitteet. DAO:lle luotu natiivitai hallintorahake edustaa protokollan hallinto-oikeuksia ja oikeudenmukaisuutta, auttaen samalla arvon valjastamisessa esimerkiksi transaktiomaksujen kautta. Kehittäjäekosysteemin tarkoituksena on taata tuote- ja protokollaintegraatioiden rakentaminen, kun taas yhteisöaloitteiden avulla pyritään pitämään DAO:n jäsenet sitoutuneina ja aktiivisina. (Rivera, 2022.)

Tästä huomataan, että DAO:t perustuvat useisiin kompleksisiin komponentteihin ja ominaisuuksiin, joita voidaan käsitellä niin valtdynamiikan, rahakesuunnittelun, yhteisön kehittämisen kuin hallintotyökalujen käyttöönotonkin kannalta. Vaikka erilaiset DAO-tyypit palvelevat useita eri käyttötarkoituksia, eivätkä kaikki niistä sovellu jokaisen digitaalisen tiimin tai Web3-projektin tavoitteisiin, voidaan niiden toimintaperiaatteiden nähdä olevan varsin yhdenmukaisia (Nirolution, 2018). Hajautettujen autonomisten organisaatioiden toiminta (kuvio 3) perustuu kryptovaluutan ja älykkäiden sopimusten muodostamaan yhdistelmään, jonka myötä on mahdollista luoda automaattisten solmujen verkosto, joka toimii määritetyn protokollan mukaisesti (Mattila, 2016).



KUVIO 3 Hajautettujen autonomisten organisaatioiden toimintaperiaate (mukailtu Nirolution, 2018)

Kun organisaation säännöistä ja menettelytavoista vastaava älysopimus on ohjelmoitu ja otettu käyttöön DAO:ssa, ainoa tapa muuttaa sen "määräyksiä" on yhteisön äänestys. Koska älysopimus on määriteltävä koodipohjaisella logiikalla, kaikki sääntöjen muuttamisyrietykset epäonnistuvat, ellei muutoksista päätetä yhteisön jäsenten äänestyksellä. Konsensusmekanismi varmistaa, että kaikki noudattavat määritettyjä sääntöjä. Yleensä DAO:lle kehitetään nk. natiivirahake, jota jäsenet käyttävät äänestääkseen organisaatiota koskevista ehdotuksista ja päivityksistä (Chinonso, 2022). DAO:n älysopimukseen sidotulla rahakkeella eli organisaation perustamalla kryptovaluutalla organisaatio voi alkaa myös kerätä varoja projektin tavoitteita varten. Kun käyttäjät alkavat investoida projektiin, he ansaitsevat rahakkeita ja sitä kautta oikeuden antaa palautetta ja äänestää organisaation tulevista toimista (Ivanovs, 2022). Hajautetussa autonomisessa organisaatiossa jokainen toimi on transaktio, ja jokainen transaktio on ääni, jota edustaa rahake. Kuviossa lompakko-osoite edustaa "työntekijöitä", ts. organisaation jäseniä, joista jokainen omistaa tietyn määrän rahakkeita. Mitä enemmän rahakkeita jäsen omistaa, sitä enemmän hänen äänellään on yleensä painoarvoa (Nirolution, 2018).

Näin ollen hajautettujen autonomisten organisaatioiden voidaan ajatella jäljittelevän yritysrakennetta, jossa säännöt ja määräykset rakennetaan avoimen lähdekoodin avulla ja pannaan täytäntöön älykkäiden sopimusten avulla. DAO:t noudattavat lohkoketjuteknologioille tyypillistä "koodi on laki" -periaatetta, jossa älysopimuksia käytetään olemassa olevien sääntöjen täytäntöönpanoon. DAO:illa ei yleensä ole käytössään erityisiä riidanratkaisumenetelmiä, koska kaikki osallistujat ovat etukäteen suostuneet noudattamaan älysopimusten

sääntöjä (Morrison, Mazey & Wingreen, 2020). Hajautetut autonomiset organisaatiot ovat siis järjestelmä kovakoodattuja sääntöjä, jotka määrittelevät, mitä toimia organisaatio tekee. Ne ovat johtamattomia, jäsenten omistamia yhteisöjä, pohjimmiltaan osuuskuntia, jotka hallitsevat itseään käyttämällä lohkoketjuteknologian avulla laskettuja ääniä (Chinonso, 2022). Koska hajautetut autonomiset organisaatiot ovat toistaiseksi äärimmäisen uutta tekniikkaa, on niiden olemassaolo herättänyt myös paljon kritiikkiä ja huolta esimerkiksi niiden laillisuuden, turvallisuuden sekä rakenteen osalta.

#### 4.2.1 Hyödyt

Hajautetun autonomisen organisaation konsepti on osoittanut mahdollisuuden löytää uusia tapoja määritellä organisaation rakenne. Samalla DAO:t voivat auttaa rakentamaan uusia markkinoita, jotka voivat asettaa omat hinnoittelu- ja laatustandardinsa. Jäsenten omistamien ja hallitsemien internet-pohjaisten organisaatioiden luominen mahdollistaa suotuisan ympäristön hyödyntää kattavasti lohkoketjuteknologian tarjoamia etuja (Howell, 2022). Kenties keskeisin DAO:ita koskeva etu liittyy hajauttamiseen, joka on yksi hajautettujen autonomisten organisaatioiden olennaisimmista piirteistä. Hajauttamisen avulla organisaation tulevaisuutta koskeva päätöksenteko jaetaan kollektiivisesti jäsenten kesken, jolloin jokainen mukana oleva voi vaikuttaa DAO:n toimintaan. Koska päätöksenteko ja äänestäminen edellyttää usein käyttäjiltä natiivi- tai hallintorahakkeidensa polttamista tai kuluttamista, vaatii jokaisen äänen antaminen jäseniltä tarkkaa harkintaa. Lohkoketjujen perustuessa avoimeen dataan, myös DAO:iden päätöksenteko ja jokainen annettu ääni on aina kaikkien saatavilla nähtävillä. Tämä luo läpinäkyvyyttä päätöksentekoon ja voi vähentää "huonojen ideoiden" esittämistä (Hennekes, 2022).

Lisäksi hajautetut autonomiset organisaatiot tarjoavat yhteisöille kaikkialla maailmassa mahdollisuuden olla yhteydessä toisiinsa ja työskennellä yhdessä tuottavien tavoitteiden saavuttamiseksi. DAO:illa on luontaisia ominaisuuksia, jotka järjestävät ryhmiä nopeammin ja tehokkaammin kuin perinteiset entiteettimallit. Näin ollen DAO:iden voidaan nähdä edustavan osaltaan myös paradigman muutosta yksilöiden järjestäytymisessä (Au, 2022). Internet-yhteyden ja hallintorahakkeiden avulla käytännössä kuka tahansa voi osallistua Web3:n tulevaisuuden rakentamiseen. Tämänkaltaisen yhteisöllisen osallistumisen ja jaetun päätöksenteon kautta hajautetut autonomiset organisaatiot voivat kannustaa jäseniään innovatiivisuuteen luodakseen uusia ennakkotapauksia taloudellisille palkkioille vastineeksi osallistumisesta. Koska DAO:t eivät rajoita päätöksenteko-oikeuksia ainoastaan johtajille, voivat kaikki sidosryhmät tehdä parannus- ja muutosehdotuksia organisaation protokolliin ja esitellä sitä kautta täysin uudenlaisia kehityshankkeita (Howell, 2022).

#### 4.2.2 Haasteet

Jotta DAO:sta todella tulisi taloudellinen ja yhteistoiminnallinen organisaatio, on sen kyettävä ratkaisemaan useita lainsäädännöllisiä ja omistusoikeudellisia haasteita. Koska DAO:t voidaan jakaa useille lainkäyttöalueille, ei niille ole tois-taiseksi olemassa oikeudellista kehystä. Tämän vuoksi mahdolliset oikeudelliset ongelmat vaativat todennäköisesti asianosaisia käsittelemään useita alueellisia lakeja yhtäaikaisesti. DAO:illa ei useinkaan ole muodollisia yritysrakenteita, ni-menomaisia ehtoja vastuusuojalle tai selkeää eroa osallistujien eri roolien välillä. Niinpä DAO:iden olemassaolon kannalta on välttämätöntä, että nykyiset oikeu-delliset rakenteet luovat uusia juridisia luokkia niiden viralliseksi tunnusta-miseksi ja niiden ainutlaatuisten ominaisuuksien asianmukaiseksi huomioon ot-tamiseksi (Au, 2022). Tämän lisäksi Chainalysisin (2022) tuore raportti osoittaa, että DAO:iden omistajuus on vielä erittäin keskittynyttä. Kymmenen suurim-man DAO:n hallintorahakkeiden jakautumaa selvittänyt analyysi paljastaa, että useissa merkittävässä DAO:issa alle 1 %:lla kaikista rahakkeenhaltijoista on jopa 90 % äänivallasta.

Vaikka hajautettu autonominen organisaatio voidaan teoriassa käynnistää ainoastaan muutamalla koodirivillä, saattaa niiden tietoturva olla edelleen haa-voittuvaa, koska älynsopimusten käyttöönotto vaatii huomattavaa teknistä asian-tuntemusta. Ottaen huomioon valtavan teknologiapinon, jota hyvin hoidettu DAO vaatii toimiakseen tehokkaasti, myös parhaiden tietoturvakäytäntöjen nou-dattaminen voi olla hankalaa ja kallista. Lisäksi monien DAO:iden osallistujat ja perustajat päättävät pysyä nimettöminä, mikä lisää myös tietoturvariskien mah-dollisuutta (Hennekes, 2022). Hajautettujen autonomisten organisaatioiden tur-vallisuushuolia on herättänyt myös älynsopimusten muuttumattomuus. Tämän myötä älykkäiden sopimusten puutteita voi olla vaikea korjata, vaikka ne havai-taankin (Mehar ym., 2019).

Lohkoketjun tarjoamasta läpinäkyvyydestä huolimatta hajautetun autono-misen organisaation jäsenten välillä voi olla myös suuri määrä tiedon epäsym-metriaa. Koska jäsenet eivät todennäköisesti tunne toisiaan, eivätkä näin ollen muiden tavoitteita tai motivaatioita sijoittaa organisaatioon, on mahdollista, ett-eivät kaikki voi luottaa ehdotettuihin ratkaisuihin siten, että he voisivat äänestää tehokkaasti puolesta tai vastaan (Morrison, Mazey & Wingreen, 2020). DAO:iden mittakaavassa myös kaikkien saaminen äänestämään esitetyistä ehdotuksista voi koitua haasteeksi, varsinkin jos jokaisen päätöksen läpimeno vaatii jäsenten enemmistön äänestämisen. Useiden aikavyöhykkeiden ja sijoittajien erilaisten prioriteettien vuoksi DAO-osallistujien pitäminen ajan tasalla ja sitoutuneina voi olla haastavaa (Hennekes, 2022). Lisäksi Simonite (2016) on paljastanut MIT Technology Review:ssä julkaistussa artikkelissaan pitävänsä huonona ajatuk-sena uskoa massoihin tärkeiden taloudellisten päätösten tekemisessä.

### 4.3 Hallinnointitavat ja -oikeudet

Kuten aiemmin todettiin, hajautettu autonominen organisaatio (DAO) on ryhmä, joka on organisoitu tietyn tehtävän ympärille, ja joka koordinoi toimintaansa lohkoketjussa vahvistettujen sääntöjen kautta. DAO:t itsessään ovat vain organisaatorakenteita, jotka hallitsevat yhteisiä taloudellisia resursseja ja protokollasääntöjä, jolloin jokainen DAO voi toimia eri tavalla (Xie, 2022). Vaikka hajautettujen autonomisten organisaatioiden toimintamenettelyt, kuten lohkojen validointiin ja validaattoreille myönnettäviin palkkioihin käytettävät mekanismit ovat yleensä huolella suunniteltuja, ovat ne hallintonsa osalta vielä kokeiluvaiheessa. Olemassa olevien ja vasta kehitettävien hajautettujen autonomisten organisaatioiden hallintoprosessit muodostetaan usein ilman tutkimusta tai laajaa testausta, minkä vuoksi ne voidaan nähdä kokeellisina, alustavina menettelytapoina, jotka tulevat täydentämään itsensä ajan saatossa (Faqir-Rhazoui, Arroyo & Hassan, 2021). DAO:iden toimintaan, kuten myös äänestys- tai jäsenyysmallien muodostumiseen keskeisesti vaikuttava tekijä on se, minkä ensimmäisen kerroksen lohkoketjun päälle ne on rakennettu.

Hajauttaminen tuo mukanaan tarpeen hyvin erityisille hallintomekanismeille, jotka yhdistävät verkoston eri osallistujat DAO:n yhteisiin tavoitteisiin, antaen heille mahdollisuuden ryhtyä tarkoituksenmukaisiin kollektiivisiin toimiin (Braun, Häusle & Karpischek, 2022). Tämän lisäksi DAO:iden on kyettävä reagoimaan odottamattomiin tilanteisiin, kuten yksilöiden käyttäytymiseen sekä markkinaolosuhteisiin liittyviin muutoksiin, jotka edellyttävät tapauskohtaisia ratkaisuja tai protokollapäivityksiä (Buterin, 2021). Alun perin DAO:iden päätöksenteko noudatti yksinkertaista rahakepainotettua järjestelmää, jossa käytännössä yksi omistettu rahake vastasi yhtä annettavaa ääntä. Tämä mekanismi on kuitenkin osoittautunut jokseenkin kiistanalaiseksi, sillä sen väitetään painottavan jäseniä, joilla on enemmän rahakkeita tai osuuksia organisaatiossa (DuPont, 2017). Tämänkaltaisen mahdollisen rahakemonopolin estämiseksi DAO:iden parissa on kehitetty lukuisia uusia, seuraavissa alaluvuissa esiteltäviä hallinnointitapoja, jotka soveltuvat keskenään erilaisiin olosuhteisiin.

#### 4.3.1 Jäsenyysmallit

Hajautettujen autonomisten organisaation hallinnointi, erityisesti päätöksentekoprosessit toteutetaan siis pääsääntöisesti natiivi- tai hallintorahakkeilla, joita jäsenet käyttävät äänestääkseen tai luodakseen ehdotuksia organisaation toiminnasta. Erilaisia äänestettäviä esityksiä voivat olla esimerkiksi lohkoketjun ulkopuoliset sosiaaliset ehdotukset, älysopimustoimintojen toteuttamista vaativat toimeenpanoesitykset sekä ehdotetut muutokset DAO:n yleisrakenteeseen tai sääntöihin (Conway, 2022b). DAO-jäsenyyteen on olemassa erilaisia malleja, joiden avulla voidaan määrittää, kuinka äänestäminen organisaatiossa toteutetaan. Kendallin (2022) mukaan keskeisimmät jäsenyysmallit ovat:



- **Rahakepohjainen** (engl. token-based) jäsenyys on käyttöoikeuskontrollimaton, jolloin rahakkeen omistaminen oikeuttaa äänestämään
- **Osuuspohjainen** (engl. share-based) jäsenyys on melko avoin, jolloin osallistuminen vaatii usein arvon tarjoamista rahakkeiden tai työn muodossa
- **Mainepohjainen** (engl. reputation-based) jäsenyys perustuu osallisuustodistukseen, jolloin hallintaoikeus saavutetaan osallistumisen kautta

Rahakepohjainen jäsenyys on yksi DAO:iden perusmalleista, jossa jokaisella rahakkeenhaltijalla on oikeus osallistua organisaation toimintaan. Rahakepohjaista jäsenyysmallia käytetään yleensä joko suurten hajautettujen protokollien tai itse rahakkeiden hallinointiin. Osuuspohjaisessa jäsenyydessä rahakeosuudet edustavat suoraa äänivaltaa ja omistajuutta. Osuuspohjaiset jäsenet voivat erota milloin tahansa suhteellisella osuudellaan kassasta, mutta mukaanpääsy saattaa vaatia jäsenehdotuksen. Jäsenehdotuksen kautta muu ryhmä voi arvioida, onko hakijalla tarvittavaa asiantuntemusta ja pääomaa osallistua päätöksentekoon. Mainepohjaisessa jäsenyydessä maine on todiste osallistumisesta ja antaa äänivallan hajautetussa autonomisessa organisaatiossa. Toisin kuin rahake- tai osuuspohjaisessa jäsenyydessä, maineeseen perustuvat DAO:t eivät siirrä omistusoikeutta päätöksentekoon osallistuville jäsenilleen. Mainetta ei voi ostaa, siirtää tai delegoida, vaan se on ansaittava osallistumisen kautta. (Kendall, 2022.)

#### 4.3.2 Äänestysjärjestelmät

Jäsenyysmallien lisäksi hajautettujen autonomisten organisaatioiden hallinto- ja päätöksentekoprosessia voidaan hahmotella erilaisten äänestysjärjestelmien kautta. DAO-äänestysjärjestelmät ovat vasta kehittyvä, monimuotoinen tutkimuskenttä, jossa erilaisia vaihtoehtoja toistaiseksi sekä tutkitaan teoreettisesti että kokeillaan käytännössä. Vuosien ajan DAO-yhteisöjen jäsenet ovat yrittäneet tasapainottaa erilaisia huolenaiheita, kuten määräysvaltaa, osallisuutta, nopeutta, skaalautuvuutta ja taloudellisia etuja kehittääkseen optimaalisen päätöksentekomenetelmän. DAO:iden äänestysjärjestelmissä käytetään monia erilaisia lähestymistapoja, joista mikään ei ole osoittautunut kiistatta tehokkaaksi, vaan ne sisältävät usein joko haavoittuvuuksia tai epäoikeudenmukaisten lopputulemien mahdollisuuksia (Faqir-Rhazoui, Arroyo & Hassan, 2021; Braun, Häusle & Karpischek, 2022). Tällä hetkellä valtaosa DAO:ista on ehdotuslähtöisiä, mutta niiden hallinto- ja äänestysjärjestelmät voivat poiketa merkittävästi toisistaan. O'Connorin (2022) mukaan nykyisten hajautettujen autonomisten organisaatioiden yleisimpiin äänestysjärjestelmiin lukeutuvat:

- **Päätösvaltainen äänestys** (engl. quorum voting), joka vaatii ennalta määrätyn määrän äänestäjiä äänestämään ehdotuksen puolesta
- **Kvadraattinen äänestys** (engl. quadratic voting), jossa äänivalta kasvaa äänestäjällä olevien rahakkeiden lukumäärän neliöllä

- **Vakaumusäänestys** (engl. conviction voting), jonka avulla jäsenet voivat kerätä ääniä ehdotukselle ajan mittaan
- **Holografinen konsensus** (engl. holographic consensus), jossa yhteisön jäsenet voivat lyödä vetoa ehdotuksen puolesta tai vastaan ja siitä, meneekö se läpi vai ei

**Päätösvaltainen äänestysjärjestelmä** on DAO:iden yleisimmin käyttämä, varsin yksinkertainen äänestysprotokolla. Se toimii varmistamalla, että tietty päätösvaltaisuus, kuten prosenttiosuus tai kiinteä määrä ääniä, yleensä rahakkeita, saavutetaan, jotta äänestys menee läpi. Jos tämä asetettu kynnyksarvo saavutetaan, voittaa eniten ääniä saanut päätös. Vaikka tämä prosessi on varsin suoraviivainen ja selkeä äänestäjille, suuren määrän rahakkeita omistavat ihmiset saavat aina enemmän äänivaltaa tässä järjestelmässä. Myös päätösvaltaisuuden määrittäminen osoittautuu usein hyvin haastavaksi, sillä korkea päätösvaltaisuus vaikeuttaa ehdotusten hyväksymistä, kun taas alhainen päätösvaltaisuus tekee ehdotuksista erittäin helppoja hyväksyä, jolloin järjestelmään on helppo hyökätä. Näiden perinteisten rahakepainotettujen äänestysstandardien haasteiden poissulkemiseksi jotkin DAO-alustat ovat ottaneet käyttöönsä maineeseen pohjautuvan päätösvaltaisen äänestysjärjestelmän, joka ottaa huomioon äänestäjien osallistumis- tai kontribuutiotason. Tämän mekanismin myötä sitoutuneet äänestäjät voidaan palkita toisille alustoille siirrettävissä olevalla maineella. (O'Connor, 2022.)

**Kvadraattisen eli neliöllisen äänestysjärjestelmän** tarkoituksena on tarjota ratkaisu yhteisön äänten tarkkaan arvioimiseen. Tässä päätöksentekomenetelyssä jäsenet antavat ääniä ilmaistakseen mieltymystensä suunnan lisäksi myös mieltymystensä asteen. Tämä toteutetaan siten, että äänestäjät antavat äänilleen painotetun suosituimmuusintensiteetin, joka tallennetaan osoittamaan, kuinka moni äänestäjä pitää vahvasti yhtä vaihtoehtoa muista parempana. Kvadraattisessa äänestyksessä äänestäjät voivat kasvattaa äänivaltaansa hankkimalla lisää ääniä. Äänivalta kasvaa aina äänestäjällä olevien rahakkeiden lukumäärän neliöllä, joten kun yhden äänen edustava vaikutus on yksi, se kasvaa kahdella äänellä neljään ja kolmella äänellä yhdeksään (O'Connor, 2022). Järjestelmän etuna on se, ettei äänestyksestä piittaamaton enemmistö voita hieman pienempää joukkoa äänestäjiä, jotka uskovat intensiivisesti tietyn äänestysvaihtoehdon suosituimmuuteen (Posner & Weyl, 2014). Samalla kvadraattinen äänestysjärjestelmä saa kuitenkin aikaan plutokratian, jossa äänivallasta tulee vaurauden funktio. Tämä päätöksentekomenetelmä on myös altis nk. Sybil-hyökkäyksille, joissa äänestäjät voivat luoda itselleen useita tilejä ja käyttää niitä suhteettoman suuren vaikutusvallan saavuttamiseen (Hellström, 2022).

**Vakaumusäänestys** pyrkii edustamaan äänestäjien yhteenlaskettua mieltymystä ehdotuksista, joita esitetään jatkuvasti, eikä vain täsmällisissä äänestysajankohdissa. Järjestelmässä yhteisön jäsenet äänestävät ehdotuksista lukitsemalla varojaan, ja mitä kauemmin he pitäytyvät kannassaan, sitä enemmän heidän äänellään on painoarvoa (Faqir-Rhazoui, Arroyo & Hassan, 2021). Jäsenet voivat milloin tahansa muuttaa ääntään, mutta niin tehdessään heidän aiemalle äänelleen kertynyt vakaumus (engl. conviction) nollaantuu. Koska

järjestelmä palkitsee äänestäjiä pelkän varallisuuden tason sijaan myös uskollisuudesta äänestysvalintaan, se antaa äänestäjille mahdollisuuden osoittaa kiinnostusta ehdotukseen, estäen näin uusia sisäänostoäänestäjiä vaikuttamasta liikaa päätöksentekoon (O'Connor, 2022). Tässä mallissa ehdotuksien läpäisykyky on dynaaminen ja riippuvainen DAO:n rahastosta, eikä ehdotusten hyväksyminen ole useinkaan kovin nopeaa (Emmett, 2019).

**Holografisen konsensuksen** tarkoituksena on ratkaista hallinnointijärjestelmien resilienssin ja skaalautuvuuden välinen jännite. Järjestelmässä DAO:n jäsenet lähettävät ja äänestävät ehdotuksia, joiden hyväksyminen edellyttää ehdottoman enemmistön, ts. yli 50 % kannatuksen saamista kaikista käytettävissä olevista äänistä. Holografinen konsensusäänestysprotokolla mahdollistaa äänestämisen myös eräänlaisen vedonlyöntikerroksen tai ennustemarkkinan avulla. Tässä mekanismissa jäsenet voivat lyödä vetoa ehdotuksien hyväksymisen tai hylkäyksen puolesta. Jos ehdotus saavuttaa äänestyksessä suuren enemmistön, se katsotaan "tehostetuksi", mikä tarkoittaa, että se voidaan hyväksyä suhteellisella enemmistöllä päätösvaltaisuuden sijaan (Faqir-Rhazoui, Arroyo & Hassan, 2021; Hellström, 2022). Ennustemarkkinoilla voittaneiden ehdotusten puolesta vetoa lyöneet palkitaan taloudellisesti, jolloin heille maksetut korvaukset katsotaan hallintokuluiksi, joilla varmistetaan DAO:n tehokas toiminta. Näin ollen holografisen konsensuksen avulla voidaan suodattaa huonoja ehdotuksia, mikä mahdollistaa suurien DAO-yhteisöjen paremman skaalautuvuuden pelillistämisen keinoin. Osallistumiskustannustensa vuoksi tämä järjestelmä saatetaan kuitenkin kokea epädemokraattisena vaihtoehtona, joka voi olla myös kallista toteuttaa ja ylläpitää (Arsenault, 2020).

#### 4.4 Roolit ja insentiivit

Hajautettujen autonomisten organisaatioiden itseorganisoituvat vertaisverkko-yhteisöt perustuvat rooleihin ja automatisoituihin tehtäviin, jotka jäsenet yhdessä omaksuvat validointia, hallintoa ja päätöksentekoa varten. Lohkoketjuprotokollaan koodattujen, automatisoiduista prosesseista vastaavien älysopimusten lisäksi DAO:t sisältävät myös muita keskeisiä toimijoita ja toiminnallisuuksia, jotka perustuvat autonomisen ketjun ulkopuoliseen, ihmisten väliseen vuorovaikutukseen, pääasiassa kollektiiviseen päätöksentekoon ja äänestämiseen (Wang ym., 2019; Santana & Albareda, 2022). Samalla lohkoketjupohjaisten yhteisöjen hajauttaminen tuo muutoksia käyttäjien kannustinmekanismien eli insentiivien suunnitteluun DAO-käyttäjien ollessa sosiaalisen osallistujan ja yhteisön omistajan kaksoisroolissa. Ilman taloudellisia kannustimia verkoston jäsenillä ei ole mitään syytä investoida aikaansa, rahojansa tai energiaansa verkostoon ja äänestää ehdotuksista toiminnan parantamiseksi (Liu ym., 2022).

Täten hajautettujen autonomisten organisaatioiden vahvistaminen edellyttää syvällistä ymmärrystä niin älysopimusten ja muiden teknologioiden vaikutuksista transaktiokustannusten minimoimiseen kuin vaihto- ja kannustinmekanismien muuttamiseenkin rahaketalouden avulla (Murray ym., 2021).

Lohkoketju yhdistää automaattisesti eri rooleja ja tehtäviä sekä digitalisoi informaatiota ja eri jäsenten käyttäytymisdataa. Tämän myötä DAO:t voivat toimia tehokkaasti ihmisten mobilisoinnissa ja yhdistämisessä, tehtävien tunnistamisessa, yksilötyön arvioinnissa sekä maine- ja palkitsemisjärjestelmien mahdollistamisessa (Wang ym., 2019). DAO:ssa, kuten perinteisessä organisaatiotoiminnassakin, käyttäjien kannustimet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: funktionaaliin eli käytöstä saataviin hyötyihin, emotionaaliin hyötyihin sekä sosiaalisiin hyötyihin. Ymmärtääksemme yksityiskohtaisemmin, kuinka hajautetut organisaatiot toimivat, seuraavissa alaluvuissa keskitytään DAO:iden päärooleihin sekä niiden keskeisiin tehtäviin ja kannustimiin.

#### 4.4.1 Perustajat ja kehittäjät

Käytännössä DAO:n käynnistämisestä vastaa joukko perustajia, jotka esittelevät perustettavan organisaation alkuperäiset tavoitteet ja säännöt muille kryptovaluuttasijoittajille sosiaalisessa mediassa julkaisemassaan "valkoisessa kirjassa" (engl. white paper). Tämän dokumentin tarkoituksena on esitellä sijoittajille DAO:n hajautettu filosofia, konsepti ja tarkoitus sekä tekninen, organisatorinen ja investoinnillinen informaatio organisaation etenemissuunnitelmasta. Tyypillisesti DAO:n valkoinen kirja korostaa toimia tietyissä, esimerkiksi pääomasijoittamiseen tai paikalliseen demokratiaan liittyvissä haasteissa ja ehdottaa, kuinka nämä tavoitteet ratkaistaan tekemällä yhteistyötä hajautetun organisaatorakenteen kautta (DuPont, 2017; Santana & Albareda, 2022). Tätä kautta perustajat pyrkivät levittämään ideoitua ja houkuttelemaan uusia sijoittajia mukaansa.

Yleisesti ottaen hajautetun autonomisen organisaation käynnistys tapahtuu kolmessa merkittävässä vaiheessa, joista ensimmäinen on älysopimusten luominen (La Capra, 2022). Tässä vaiheessa perustajat avaavat lohkoketjun ja älysopimuksen lähdekoodin edistääkseen ohjelmistokehitysyhteistyötä muiden DAO-projektistaan kiinnostuneiden kehittäjien kanssa (Santana & Albareda, 2022). Kehittäjät osallistuvat toimintaan luomalla, ottamalla käyttöön ja kehittämällä perustajien DAO:lle määrittelemät toimintasäännöt lohkoketjuprotokollalle koodattavassa älysopimuksessa. Protokollan käynnistyksen jälkeen he voivat muuttaa näiden sopimusten sääntöjä ainoastaan hallintojärjestelmän kautta (Buterin, 2014). Kun älykkäät sopimukset on luotu, DAO:n perustajien on määritettävä tavat markkinoilletulostrategialle, rahoituksen keräämiselle ja hallinnoinnin toteuttamiselle. Käynnistyksen viimeisestä vaiheesta eli käyttöönotosta eteenpäin sidosryhmät päättävät organisaation tulevaisuudesta yhdessä (La Capra, 2022).

Jokainen organisaatio koostuu joukosta ihmisiä, joita yhdistää yhteinen tavoite, joka motivoi ihmisiä yhdistämään voimansa luodakseen yhdessä arvoa organisaatiossa. Tämän seurauksena jokaisella organisaatiolla on tietynä olemassaolonsa hetkellä jäsentensä yhteisestä vaivannäöstä syntyvää omaisuutta, jota säilytetään DAO:n kassassa tai rahastossa (engl. treasury). Niinpä DAO:n perustajien yksi keskeinen velvollisuus on myös määrittää organisaation tulo- ja menotyyppit sekä tunnistaa, millaisia vaatimuksia sääntelyviranomaiset voivat valitulle liiketoimintamallille asettaa. Näillä analysointitoimenpiteillä on ratkaiseva

vaikutus siihen, mikä oikeudellinen muoto soveltuu sen rekisteröintiin parhaiten (Dubnevych, 2022).

#### 4.4.2 Sijoittajat ja kontribuutorit

Hajautetun autonomisen organisaation rahoituksen kerääminen ja hallinnointioikeuksien myöntäminen toteutetaan useimmiten rahakkeiden liikkeeseenlaskulla, jolloin protokolla myy perustamiaan kryptovaluuttoja kerätäkseen varoja DAO-rahastoonsa (Shuttleworth, 2021). Sijoittajat ovat näiden kryptovaluuttojen haltijoita, jotka sijoittavat DAO:on ja tulevat sitä kautta jäseniksi. Sijoittaessaan DAO:n rahakkeisiin, he saavat oikeuden organisaation erilaisiin toimintoihin, kuten äänestämiseen, kaupankäyntiin ja muutosten ehdottamiseen. Kun rahoituskierros on saatu päätökseen, DAO on valmis käyttöön. Tässä vaiheessa DAO:n toimintasääntöjä ei voi enää muuttaa millään muulla tavalla kuin jäsenäänestyksellä saavutetulla konsensuksella (Santana & Albareda, 2022). Nämä päätöksenteosta vastaavat jäsenet voivat olla pseudonyymejä, anonyymeja tai toistensa tuntemia ja sijaita missä tahansa, halliten DAO:n omaisuutta suoraan natiivirahakkeen välityksellä (Ziegler & Welp, 2022).

Koska DAO:lla ei ole hierarkkista hallintoa ja se on yleensä avoin kaikille, termillä *kontribuutorit* (engl. contributors) kuvataan niitä myötävaikuttajia, jotka osallistuvat DAO:ssa tapahtuvaan päätöksentekoon. Santanan ja Albaredan (2022) mukaan sijoittajista tulee kontribuutoreita, kun he äänestävät ja validoivat organisaation käytänteitä tai edistävät DAO:n tarkoitusta erilaisten toimien ja uusien ehdotusten avulla. He osallistuvat aktiivisesti DAO:n hallintoon ja kollektiiviseen päätöksentekoon pääasiassa ketjun ulkopuolisten hallintomekanismien kautta. Useat hajautetut autonomiset organisaatiot kannustavat kontribuutoreita osallistumaan toimintaansa tai tuottamaan arvoa erilaisilla kannustimilla ja palkkioilla (engl. bounties), kuten apurahaohjelmalla. Lisäksi DAO:ille voi muodostua erillisiä sosiaalisia kollektiiveja ja rakenteita, kuten ammattikuntia (engl. guilds) tai alaryhmiä (engl. sub-DAOs), joiden kautta organisaatio voi esimerkiksi jakaa rahoitusta yhteisölleen (Tan & Miller, 2022).

Kontribuuttoreiden palkitsemiseen käytettäviä rahaketyyppejä ovat mainerahake (engl. reputation token), hallintorahake (engl. governance token) ja muut rahakkeet. Mainerahakkeet (lyhennettynä REP-rahakkeet) ovat ei-siirrettävissä olevia (engl. non-transferable) rahakkeita, joita voidaan käyttää enimmäkseen äänestämiseen DAO:issa. Niin ikään äänestämiseen ja päätöksentekoon tarkoitettut hallintorahakkeet edustavat puolestaan siirrettävissä olevia liiketoimintomaisuuksia. Muilla rahakkeilla viitataan yleensä lohkoketjujen sisäänrakennettuihin, natiivirahakkeiksiin kutsuttuihin kryptovaluuttoihin, kuten Etheriin (ETH) tai Bitcoinin (BTC) (Ziegler & Welp, 2022). Liun ym. (2022) kannustinmekanismin vaikutusta käyttäjien aktiiviseen osallistumiseen lohkoketjupohjaisessa verkkoyhteisössä selvittäneen tutkimuksen tulokset osoittavat, että erityisesti sijoittajien sosiaalinen pääoma, osakepääoma sekä sosiaalinen ja taloudellinen palaute vaikuttavat positiivisesti heidän aktiiviseen osallistumiseensa.

### 4.4.3 Validaattorit ja louhijat

Lohkoketjussa toimivat validaattorit ja louhijat ovat kryptotoimijoita, jotka käyttävät tietokoneitaan tai rahakkeitaan rakentaakseen hajautettuja pääkirjoja, jotka tallentavat kaikki verkossa tapahtuvat interaktiot. Toisin sanoen he asettavat edellytetyn todisteen lohkoketjuinfrastruktuurin palvelukseen validoimalla ja tallentamalla DAO:n jäsenten vuorovaikutukset organisaatiossa. DAO:issa tapahtuvia interaktioita voivat kryptovaluutanvaihdon ohella olla esimerkiksi rahakkeiden myynti ja ostaminen tai ehdotuksista äänestämisen. Validointi ja louhinta ovat konsensusalgoritmien avulla automatisoituja prosesseja, jotka on tarkoitettu ylläpitämään lohkoketjun eheyttä (Wang ym., 2019; Santana & Albareda, 2022). Validaattoreiden ja louhijoiden oikein toimimisen kannustimina käytetään erilaisia palkitsemis- ja rangaistusjärjestelmiä, jotka perustuvat taloudellisiin hyödykkeisiin, pääasiassa lohkoketjujen natiivirahakkeisiin. Siinä missä validaattoreiksi kutsutaan esimerkiksi osuus- tai varantotodistuksen (PoS) lohkoketjujen verkkosolmuja, louhijoilla viitataan usein ylläpitäjiin, jotka toimivat työntodistuksen (PoW) lohkoketjuissa (Hazari & Mahmoud, 2019). Validaattoreiden ja louhijoiden rooleja erilaisissa konsensusmekanismeissa on käsitelty tarkemmin aiemmassa luvussa 3.3.

PoW-konsensusalgoritmia noudattavissa lohkoketjuissa, kuten Bitcoinissa, louhijat käyttävät tietokoneitaan lohkoketjun ylläpitämiseksi ja transaktioiden oikeellisuuden todentamiseksi. Louhija palkitaan ennalta määrätyllä lohkopalkkiolla, jos hän ratkaisee ensimmäisenä monimutkaisen matemaattisen ongelman ja luo siten uuden lohkon varmennettuja kryptovaluuttatransaktioita. Lohkopalkkioiden lisäksi louhijoiden insentiiveinä toimivat validoitavan lohkon sisältämät transaktiomaksut, jotka lohkon vahvistava louhija saa itselleen (Antonopoulos, 2014). PoS-konsensusprotokollalla toimivat lohkoketjut, kuten Ethereum, edellyttävät validaattoreiltaan kryptovarojensa steikkaamista. Lohkoketjuverkko käyttää näitä varoja tapahtumien vahvistamiseen, ja kun uusi lohko on validoitu ja lisätty lohkoketjuun, kyseisen lohkon validaattori palkitaan uusilla rahakkeilla. Validaattoreiden kannustinmekanismi pitää sisällään erilaisia osallistumis- ja todistuspalkkioita protokollan sääntöjen noudattamisesta, sekä validaattorin saldoon tai osallistumisoikeuteen vaikuttavia sanktioita ja rangaistuksia protokollan sääntöjä rikkovista toimista (Salau ym., 2022).

## 4.5 DAO-ekosysteemi

Katsaus aiempien lukujen hajautettujen autonomisen organisaatioiden ekosysteemin tärkeisiin elementteihin valaisee, että DAO:t edustavat progressiivista ja edistyksellistä käsitettä, joka voi toimia perustana tulevaisuuden organisaatioiden luomiselle. Tällä hetkellä kaikkiaan jo reilulla viidellä tuhannella perustetulla DAO:lla on suunnilleen 4,5 miljoonaa rahakkeenhaltijaa ja 1,4 miljoonaa aktiivista äänestäjää, jotka ovat lukinneet varojaan näiden organisaatioiden

rahastoihin noin 10 miljardin dollarin edestä (DeepDAO, 2022). DAO:t lisääntyvät jatkuvasti useissa eri lohkoketjuissa taustalla olevan infrastruktuuri-innovaation myötä, mutta toistaiseksi tältä tutkimusalueelta puuttuu taksonomia, joka selittäisi hajautettujen autonomisten organisaatioiden erilaisia ulottuvuuksia, ominaisuuksia tai käyttötarkoituksia (Ziegler & Welp, 2022).

DAO-ekosysteemin yhteisöjen vertailu voidaan toteuttaa esimerkiksi tutkimalla ja analysoimalla niiden neljää keskeistä ulottuvuutta, jotka ovat kasvu, aktiivisuus, äänestäminen ja rahastot (Faqr-Rhazoui, Arroyo & Hassan, 2021). Dubnevyh (2022) ehdottaa, että oikeudellisesta näkökulmasta kaikki hajautetut autonomiset organisaatiot voidaan liiketoimintamalliensa perusteella luokitella joihinkin kolmesta seuraavissa alaluvuissa esiteltävästä tyypistä: yhteisö- ja protokolla -DAO:ihin (engl. community and protocol DAOs), palvelu-DAO:ihin (engl. service DAOs) tai sijoitus-DAO:ihin (engl. investment DAOs). Tätä verrattain laajasti rajattua ja epäspesifiä DAO-tyyppien kategorisointia tullaan tarkentamaan varsinaisen tutkimuksen tuloksia esittelevässä luvussa, jossa keskitytään erityisesti olemassa olevien hajautettujen autonomisten organisaatioiden tärkeimpiin käyttötarkoituksiin.

#### 4.5.1 Yhteisö- ja protokolla -DAO

Yhteisö- ja protokolla -DAO:iden tavoitteina on sekä yhdistää perustajien, kontribuuttoreiden, yrittäjien ja muiden harrastajien yhteisö hajautetun lohkoketjuprotokollan ympärille että motivoida ja kannustaa osallistujaekosysteemiä tukemaan hajautetun protokollan työtä ja rakentamaan omia hajautettuja sovelluksiaan sen päälle. Yhteisö-DAO:t rekisteröidään yleensä säätiöiksi tai voittoa tavoittelemattomiksi osakeyhtiöiksi, joiden määritelty lakisääteinen tarkoitus on lohkoketjuprotokollan ympärillä olevan ekosysteemin kehittäminen ja tukeminen. Tämän tyyppiset rekisteröidyt DAO-entiteetit myöntävät myös avustuksia ekosysteemiensä osallistujille tukeakseen heidän aloitteitaan (Dubnevyh, 2022). Protokolla-DAO:t viittaavat organisaatioihin, jotka on kehitetty hajautettujen sovellusten hallinnoinnin helpottamiseksi. Protokollat voivat jakaa hallintorahakkeita olemassa oleville ja entisille käyttäjilleen, jotta he voivat äänestää protokollaa koskevista päätöksistä. Verkkopäätökset voivat sisältää esimerkiksi älysoituspäivityksiä tai muutoksia protokollaparametreihin (Weston, 2022).

Yhteisö- ja protokolla -DAO:iden osallistujien kannustinjärjestelmä toteutetaan kehittämällä erityinen rahake-ekonomia, tokenomiikka (engl. tokenomics), joka mahdollistaa korkean rahakeinflation saavuttamisen, rahakekysynnän kasvattamisen sekä rahakeinflaation välttämisen (Dubnevyh, 2022). Koska nämä DAO:t käyttävät varojaan esimerkiksi investointeihin, palkkioihin ja avustuksiin, niiden toiminta edellyttää erityistä älysoitmusten turvallisuutta, läpinäkyvyyttä ja automatisointia. Kun DAO:n kassaa ohjataan ja hallitaan älysoitmuksella, se ei ole DAO-yhtiön omistuksessa tai näy sen taseessa. Tämä tarkoittaa, ettei yhdelläkään DAO:n jäsenellä ole suoraa pääsyä DAO:n omaisuuteen, vaan kassan käyttöä säädellään julkaistavien ehdotuksien ja niistä äänestämisen perusteella (Dubnevyh, 2022; Rivera, 2022).

### 4.5.2 Palvelu-DAO

Palvelu-DAO:iden tarkoituksena on koota ammattimainen yhteisö ihmisistä ja mahdollistaa jäsenten välinen yhteistyö tarjotakseen palveluja tehokkaammin. Tämä saavutetaan esimerkiksi antamalla yhteisölle oikeus tukea asiakkaiden suurempia projekteja tai päättää monimutkaisia asiakaskauppoja yhdistämällä ymmärrystä markkinaraosta. Palvelu-DAO rekisteröidään yleensä voittoa tavoittelevaksi, rajavastuu- tai osakeyhtiömuotoiseksi yritykseksi, jossa kumppanuus- ja toimintasopimus toteuttaa DAO:n sääntöjä ja säätelee sen jäsenten välisiä suhteita, kuten kassan yhteishallintomenetelmää. Palvelu-DAO:n toimintaan kuuluu yleensä palvelujen tarjoamisesta saatavien tulojen vastaanottaminen DAO:n yleiseen omaisuuspooliin, minkä jälkeen tulot jaetaan koko organisaation ja tuloja tuottaneiden palveluntarjoajajäsenten kesken. Organisaatiolle itselleen allokoituja tuottoja käytetään yleensä DAO:n infrastruktuurin rakentamiseen ja ylläpitoon sekä tunnettuuden ja palvelujen edistämiseen. (Dubnevych, 2022.)

### 4.5.3 Sijoitus-DAO

Sijoitus-DAO:iden pyrkimyksenä on auttaa ihmisiä yhdistämään varojaan osatakseen tai sijoittaakseen kohteisiin, joita he eivät pystyisi rahoittamaan omin voimin. Sijoitus-DAO:ta voidaan perinteisesti kutsua myös joukkorahoitusvälineeksi tai kollektiiviseksi sijoitusjärjestelmäksi. Tiettyyn joukkorahoituskampanjaan liittyneillä sijoittajilla on mahdollisuus paitsi saada etuja omasta sijoituksestaan esimerkiksi osinkojen muodossa, usein myös sekä käyttää että hallita näitä yhteisrahoituskohteita (Dubnevych, 2022). Yleensä sijoitustoimintaan suuntautuneet DAO:t rajaavat investointiehdotusmahdollisuuden vain muutamille valituille jäsenille, mikä toisaalta ehkäisee turhaa viestintää, mutta samalla rohkaisee vain korkean panoksen jäseniä tarjoamaan sijoituspäätöksiä organisaatiossa. Kun investointiehdotus on jätetty DAO:lle, käyttäjät voivat joko steikata rahakkeitaan tai valita tilannekatsausmekanismin (engl. snapshot mechanism) äänioikeuksiensa käyttämiseksi. Snapshot-mekanismi tarkistaa lukitsematta jokaisessa lompakossa olevien hallintorahakkeiden määrän varmistaakseen äänioikeuksien oikeudenmukaisen jakautumisen (Weston, 2022). Oikeudelliselta kannalta tarkasteltaessa sijoitus-DAO:n toiminnassa on otettava huomioon niin virtuaaliomaisuuden tarjoamiseen, varainhoitoon kuin rahoitusmarkkinoihinkin liittyvä regulaatio (Dubnevych, 2022).



## 5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä luvussa käydään läpi tutkimuksen empiirisen osion toteutus ja perustellaan siinä käytetyt tutkimusmenetelmät. Luvussa käsitellään alaotsikoin eroteltuna tutkimusmenetelmä ja tutkimuksen tarkoitus, aineistonkeruutapa sekä aineiston käsittelyyn ja analysointiin liittyvät vaiheet. Luvun tarkoituksena on kuvata tieteellisen tutkimuksen prosessin asteittaista etenemistä ja samalla ilmaista mahdollisimman aukottomasti, miksi mitään on tehty. Koska tämä tutkimus pyrkii nimensä mukaisesti täsmentämään hajautettujen autonomisten organisaatioiden käyttötarkoituksia, on tutkimuskohteen käsitteellisiä malleja, selityksiä ja rakenteita taustoitettu edeltävässä teoriaosuudessa aiempaa tutkimuskirjallisuutta ja teoriapohjaa hyödyntäen.

### 5.1 Tutkimus ja sen tavoitteet

Tämä pro gradu -työ toteutettiin aineistolähtöisenä, hypoteesittomana tutkimuksena, laadulliseen eli kvalitatiiviseen analyysimenetelmään perustuen. Tutkimuksessa päätettiin noudattaa laadullista lähestymistapaa, sillä sen nähdään sopivan sellaiseen tutkimusongelman ratkaisemiseen, jossa halutaan tuottaa syvälistä tietoa tietystä yhteiskunnallisesta aiheesta tai ilmiöstä. Lisäksi laadullista tutkimusmenetelmää ja sen tutkimusstrategioita on käytetty laajalti tietojärjestelmätieteen tutkimusalueella niiden soveltuessa nimenomaan teknologiainnovaatioiden ja organisaatioiden välisen vuorovaikutuksen selittämiseen (Darke, Shanks & Broadbent, 1998). Kuten laadulliset tutkimukset yleensä, myös tämä työ pidettiin hypoteesittomana. Sen myötä tutkimuksessa pyrittiin etenemään aineistosta käsin mahdollisimman vähin ennakko-oletuksin. Valintaa voidaan perustella myös sillä, ettei tutkimuksen tarkoituksena ollut teorian tai hypoteesien testaaminen, vaan aineiston monitahoinen ja yksityiskohtainen tarkastelu. Tässä tutkimuksessa menetelmän soveltamisessa hyödynnettiin myös käsitteellisanalyttistä lähestymistapaa, jossa uutta rakennetta hahmotteleva malli tai teoria

perustuu havaintoihin tietystä todellisuuden osasta, aikaisemmista rakenteista ja teorioista (Järvinen, 2000).

Kanasen (2014) mukaan laadullinen tutkimus on omimmillaan erityisesti sellaisissa tilanteissa, joissa tutkimuksen kohteena olevasta ilmiöstä tiedetään etukäteen vain vähän. Kun tutkimuskohteesta ei ole tarjolla kattavia etukäteistietoja, teorioita, malleja tai tutkimusta, voidaan laadullisen tutkimuksen menetelmin selvittää, mistä ilmiössä on kyse. DAO-ekosysteemin taksonomian ja yleisesti hyväksytyyn typologian puutteen, sekä sen varsin jäsentemättömän ja jatkuvasti kehittyvän luonteensa vuoksi DAO-tyyppien luokittelu on vielä tänä päivänä kaikkea muuta kuin yksiselitteistä tai täsmällistä. Havaitun tutkimusaukon täyttämiseksi tutkimuksen tavoitteena oli vastata tutkimuskysymyksiin:

- Miten hajautettuja autonomisia organisaatioita voidaan hyödyntää?
- Minkälaisia sovelluskohteita hajautetuilla autonomisilla organisaatioilla on?

Lähtökohta tutkielman aiheen valinnalle oli henkilökohtainen kiinnostus lohkoketjuteknologian sovelluskohteisiin, jota tähdensi tutkijoidenkin peräänkuuluttama, objektiivinen tarve tunnistaa ja luokitella erityyppisten hajautettujen autonomisten organisaatioiden käyttötarkoituksia. Toistaiseksi lohkoketjupohjaisiin hallintomalleihin, kuten DAO:ihin, liittyvää tieteellistä kirjallisuutta on olemassa varsin niukasti ja se on keskittynyt pääasiassa lainsäädännöllisiin tai rahataloudellisiin näkökulmiin, ilman varsinaista käyttötarkoitusten tyypittelyä tai erittelyä. Tutkielman laajempi tavoite oli ensinnäkin lisätä ymmärrystä lohkoketjujen toiminnasta, mutta toisaalta myös siitä, kuinka tätä teknologiaa voidaan soveltaa eri toimialoilla. Tieteellisen tutkimuksen näkökulmasta myös muut lohkoketjuteknologian sovelluskohteet ovat vielä pitkälti selvitysvaiheessa, minkä takia niille ei ole muodostunut juurikaan vakiintuneita teorioita tai merkityksiä.

## 5.2 Aineiston kerääminen

Tutkimuksen aineistonkeruuvaihe toteutettiin marraskuussa 2022 keräämällä hajautettuja autonomisia organisaatioita koskevaa dataa Kleoverse Oy:n verkkosivustolta. Sarajärven ja Tuomen (2017) mukaan laadullisen tutkimuksen yleisimmät aineistonkeruumenetelmät ovat kysely, haastattelu, havainnointi ja dokumentteihin perustuva tieto, joiden välillä tehtävässä valinnassa tutkijaa ohjaa tutkimuksen aihe ja tavoite. Tähän tutkielmaan kerätty aineisto koostui viimeiseksi mainitusta, tarkemmin sanottuna valmiiseen dokumenttiin perustuvasta tiedosta, jolloin aineistotyyppinä oli verkkosivustolla julkaistu tekstiaineisto. Tähän tutkimukseen kerätyllä valmiilla aineistolla viitataan siis kohdeorganisaation tietokannasta löytyvään data-aineistoon. Jo aiemmin johonkin tarkoitukseen kerättyä aineistoa kutsutaan toisinaan sekundääriaineistoksi, koska ne ovat jo olemassa (Kananen, 2014), joskaan tässä tapauksessa eivät ennestään vielä tieteellisen tutkimuksen muodossa. Tämä aineistonkeruumenetelmää

koskeva päätös perustui aiheen ympäriltä tehtyjen aikaisempien tutkimusten ja akateemisen kirjallisuuden niukkuuteen, spesifimmistä tyyppittelyyn liittyvästä näkökulmasta jopa totaaliseen olemattomuuteen.

Tutkimuksessa käytetty aineisto on kenen tahansa saatavilla ja hyödynnettävissä olevaa avointa dataa, joka on peräisin sivustolta kloverse.com. Sivusto valikoitui Kleoversen tärkeän DAO-työskentelyalusta-aseman lisäksi datan yleisen saatavuuden ja yhtenäisyyden perusteella. Kleoverse on kesällä 2021 perustettu ja vuoden 2022 alussa markkinoille tuotu suomalaistaustainen startup-yritys, joka pyrkii toimimaan yksittäisenä lähteenä kaikille DAO:ille ja avoimille Web3-projekteille. Kleoversen Web3-työskentelyalustan toiminta-ajatuksena on mullistaa kyvykkyyden mittaaminen, signalointi ja löytäminen verkossa (Kleoverse, ei pvm.). Data-aineistoa tarkasteltiin yhtenäisesti yhdestä lähteestä pääasiassa tutkimuskohteen jäsentelemättömän luoteen vuoksi. Tämä mahdollisti epätarkoista tai monitulkintaisista määrittelyistä johtuvien väärinymmärrysten välttämisen ja siten mahdollisimman validin sekä todenmukaisen tutkimustuloksen saavuttamisen. Samalla sen voidaan otaksua parantavan osaltaan tutkimusmetodin reliaabeliutta eli toistettavuutta ainakin johdonmukaisuuden osalta, jolloin tutkimusta samoin edellytyksin uusittaessa saataisiin samat tulokset (Hiltunen, 2009).

Kleoversen työskentelyalusta kattoi aineistonkeruuhetkellä kaikkiaan 675 hajautettua autonomista organisaatiota, joita koskeva, vapaasti saatavilla oleva data sisälsi kohteiden nimen, kuvauksen, kategorian eli käyttötarkoituksen, perustamisvuoden, lohkokehityksen, natiivirahakkeen tunnuksen, markkina-arvon sekä organisaation yhteystiedot. Data noudettiin kertaluonteisesti suoraan verkkosivun lähdekoodista automatisoidun tiedonkeruumenetelmän, ts. verkkoharavoinnin (engl. data scraping), avulla. Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara (2009) huomauttavat kuitenkin, etteivät kaikki valmiit aineistot sovellu tutkimukseen sellaisenaan, vaan niitä tulee useimmiten rajata tutkimusintressien mukaisesti sopivaan muotoon. Koska läheskään kaikille Kleoversellä listatuille DAO:ille ei ole toistaiseksi määritetty kaikkia yllä mainittuja luokkia, eivätkä kaikki niistä edesauta tutkimuksen tarkoituksperää, tehtiin tutkimuksessa seuraavassa alaluvussa esiteltäviä rajauksia tarkasteltavaksi valittavien DAO:iden ja niiden tietoluokkien osalta.

### 5.3 Aineiston käsittely ja analysointi

Tutkimuksen analyysimenetelmänä toimi laadullinen, aineistolähtöinen sisällönanalyysi, joka toteutettiin systemaattisesti koodatun aineiston jäsentelyn pohjalta. Laadullinen sisällönanalyysi voidaan määritellä tekstisisällön tulkintaan tarkoitettuna tutkimusmenetelmäksi, jonka systemaattinen luokitteluprosessi nojautuu datan koodaukseen ja teemojen tunnistamiseen (Hsieh & Shannon, 2005). Koodaaminen esitellään usein laadullisen sisällönanalyysin työvälineenä, mutta toisaalta kyse on myös tutkimusaineiston ensivaiheen järjestämisestä ja luokittelusta, josta edetään varsinaiseen analyysiin (Juhila, 2021). Toisin kuin

aineiston koodaamisessa yleensä, tässä tutkimuksessa luokitukset löytyivät jo valmiiksi aineistosta, jolloin tärkeimmäksi jäsennystoimenpiteeksi jäi tutkimusongelman kannalta olennaisten tutkimusasiakokonaisuuksien erottaminen.

Graneheimin, Lindgrenin ja Lundmanin (2017) erilaisia sisällönanalyysin toteutustapoja käsittelevän jaottelun mukaan tutkimukseen valittu analyysitapa noudattaa mallia, joka pyrkii kuvaamaan aineistossa esiintyvät sisällöt sellaisena kuin ne aineistossa ilmenevät. Valitun tieteellisen metodin myötä aineistoa tarkasteltiin kokonaisuutena, jolloin tavoitteena oli kyetä analysoimaan aineistomateriaalia mahdollisimman systemaattisesti, objektiivisesti ja monipuolisesti (Sarajärvi & Tuomi, 2017). Analyysitapaan kytkeytyi puolia myös grounded theory -tutkimusotteesta siinä mielessä, että analyysiprosessin ydin oli käsitteellistämässä ja ilmiöstä kehitettiin teoriaa ja malleja aineistohavaintojen, niiden koodauksen sekä järjestämisen kautta (Charmaz, 2000). Tarkasteltavan aineiston kaikki käsittelyvaiheet suoritettiin Excel-ohjelmistossa ja sisällönanalyysi toteutettiin niin laadullisen kuin määrällisenkin aineiston analyysiin soveltuvia data-analyysityökaluja hyödyntäen.

Laadulliselle analyysille on ominaista induktiivinen päättely, jossa pyritään tekemään yleistyksiä ja päätelmiä aineistosta nousevien merkityksellisten teemojen havainnoinnin perusteella. Tämän tutkimuksen lähestymistapaa voidaan pitää induktiivisena, sillä tarkoituksena oli edetä yksittäisistä havainnoista yleisempiin väitteisiin (Eskola & Suoranta, 2014; Sarajärvi & Tuomi, 2017). Induktiivisen sisällönanalyysin, kuten myös grounded theory -lähestymistavan, ajatellaan sopivan tutkimustilanteisiin, joissa tutkittavasta kohteesta ei ole käytettävissä riittävää teoreettista aineistoa, joten menetelmien avulla pyrittiin ennen kaikkea uuden tieteellisen tiedon tuottamiseen. Aineistolähtöisesti tutkimusta tehtäessä tutkimuksen pääpaino on aineistossa (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2009), ja vaikka aineiston analyysiyksiköt olivatkin ennalta määrättyjä, teoria ja mallit laadittiin aineisto lähtökohtana. Milesin ja Hubermanin (1994) mukaan aineistolähtöinen sisällönanalyysi pitää sisällään kolme seuraavaksi käsiteltävää työvaihetta: aineiston redusoinnin, klusteroinnin ja abstrahoinnin.

### 5.3.1 Redusointi

Aineistolähtöisen sisällönanalyysin ensimmäistä vaihetta voidaan kutsua myös aineiston redusoinniksi eli pelkistämiseksi (Miles & Huberman, 1994). Redusoinnin tarkoitus on nostaa aineistosta esiin kaikki oleellimmat osat ja karsia samalla tutkimukselle epäolennainen tieto pois. Tässä tutkimuksessa pelkistäminen keskittyi dokumenttiaineiston tiivistämiseen ja pilkkomiseen yleisluontoiseen tutkimustehtävään perustuen (Sarajärvi & Tuomi, 2017). Tässä työvaiheessa aineistoa pelkistettiin koodauksen keinoin DAO:iden monipuolisen, mutta samalla mahdollisimman perusteellisen vertailun toteuttamiseksi. Pilkkomisen myötä analyysi päätettiin toteuttaa kategorioiden, perustamisvuosien, lohkoketjujen sekä markkina-arvojen osalta, jolloin tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin organisaatioiden kuvaukset, natiivirahakkeiden tunnukset ja yhteystiedot. Organisaatioiden nimet päätettiin säilyttää mukana aineistossa mahdollisten

esimerkeillä havainnollistamisten varalta. Valintapäätös oli lopulta varsin yksinkertainen, sillä poisrajatut tietoluokat eivät sisältäneet sellaista informatiivista tai vertailukelpoista dataa, jota olisi voinut asianmukaisesti analysoida tai joiden kautta tutkimusta olisi ollut järkevää toteuttaa. Samalla aineistoa tiivistettiin hylkäämällä kaikki ne DAO:t, joille ei ollut määritetty nimen lisäksi mitään muuta tarkasteltavaksi valituista luokista. Tällaisia organisaatioita oli aineistossa 37 kappaletta, joten alkuperäisen aineiston kaikkiaan 675 organisaatiosta analysoitavaksi jäi tämän vaiheen jälkeen yhteensä 638.

### 5.3.2 Klusterointi

Induktiivisen aineiston analyysin kolmivaiheisen prosessin seuraavaa vaihetta kutsutaan klusteroinniksi eli ryhmittelyksi, jossa koodattu alkuperäisaineisto käydään tarkasti läpi ja siitä etsitään samankaltaisuuksia tai eroavaisuuksia kuvaavia käsitteitä. Klusteroinnin perusajatuksena on luoda pohja tutkimuksen perusrakenteelle siten, että samaa asiaa tarkoittavat käsitteet ryhmitellään ja yhdistetään alaluokaksi sekä nimetään luokan sisältöä kuvaavalla nimikkeellä (Hiltunen, 2009). Koska tutkittavaa ilmiötä kuvaavat alaluokat olivat jo olemassa ja ne poimittiin suoraan aineistosta jo redusointivaiheessa, klusteroinnissa apuna käytettiin kvantifiointia. Saaranen-Kauppinen ja Puusniekan (2009) mukaan kvantifiointilla viitataan esimerkiksi laadullisen analyysin tueksi tarkoitettuun metodiin, joka perustuu erilaisiin teemoihin kuuluvien elementtien lukumäärien laskemiseen. Tässä vaiheessa pelkistetty aineisto ryhmiteltiin Excel-taulukossa niin, että analyysia olisi mahdollisimman luontevaa suorittaa kategorioiden, perustamisvuosien, lohkoketjujen ja markkina-arvojen kannalta.

Tutkimuksen pääpainon ollessa DAO:iden käyttötarkoituksissa, analyysi ja kvantifiointi suoritettiin ensin kategoriahavaintoyksikön osalta, joka oli määritetty kahta poikkeusta lukuun ottamatta kaikille, yhteensä siis 636 organisaatiolle. Seuraavaksi yleisin dataluokka oli markkina-arvo, joka löytyi 253 organisaatiolta. Markkina-arvojen osalta analyysissa päätettiin selvittää aineiston DAO:iden kokonaismarkkina-arvon lisäksi se, minkä kategorian organisaatioilla on yhteenlaskettuna suurin taloudellinen merkittävyys. Perustamisvuosi-havaintoyksikkö käsitti puolestaan 172 organisaatiota, kun taas lohkoketju, jonka päällä DAO toimii, sisältyi kaikkiaan 87 organisaation dataan. Aineiston ryhmittelyvaiheessa huomattiin, että osa DAO:ista sisälsi kategoriansa osalta useamman arvon, kun organisaation kategoriaksi oli määritelty esimerkiksi sekä hajautettu finanssipalvelu että protokolla. Kaikki nämä arvot päätettiin sisällyttää tutkimukseen eriteltynä, minkä vuoksi kaikilla kategorialuokan datajoukkoja sisältävillä teema-alueilla kokonaisuusyksikkömäärä oli lopulta suurempi kuin analysoitavien DAO:iden lukuarvo.

### 5.3.3 Abstrahointi

Aineistolähtöisen sisällönanalyysin viimeinen työvaihe on abstrahointi eli käsitteellistäminen. Abstrahoinnissa aineistosta erotetaan tutkimuksen kannalta

oleellinen tieto, jonka perusteella luodaan teoreettinen käsitteistö. Tämä vaihe voidaan suorittaa vaikkapa yhdistelemällä dokumentin sisältämiä luokituksia niin kauan kuin se on aineiston näkökulmasta mahdollista tai kunnes aineisto käsittää keskeiset yleiskäsitteet (Sarajärvi & Tuomi, 2017). Koska oleellisen tiedon erottaminen toteutettiin jo pelkistämävaiheessa ja keskeiset käsitteet tulivat aineistossa suoraan annettuina, teoreettinen käsitteistö muodostettiin luomalla termeille mahdollisimman kuvaavat suomenkieliset vastineet. Aineiston havaintoyksiköiden suomennoksissa *category* käännettiin kategoriaksi, *founded* perustamisvuodeksi, *blockchain* lohkoketjeksi ja *market cap* markkina-arvoksi.

Tunnistettuja DAO-kategorialuokituksia havaittiin aineistosta yhteensä 9: *club*, *collector*, *DeFi*, *gaming*, *media*, *product*, *protocol*, *service*, sekä *social/social cause*, ja ne suomennettiin järjestyksessä seuraavalla tavalla:

- Järjestö
- Keräily
- Hajautettu finanssipalvelu
- Pelaaminen
- Media
- Tuote
- Protokolla
- Palvelu
- Sosiaalinen tarkoitus

Aineiston abstrahointivaiheessa kategorialuokituksista yhdistettiin alun perin erillään ilmenneet termit *social* ja *social cause*, sillä niiden välillä ei havaittu olennaista merkityseroa. Perustamisvuosia tutkimusaineistosta todettiin kaiken kaikkiaan 9 erilaista aina vuodesta 2014 vuoteen 2022, kun taas DAO:iden käyttämiä lohkoketjuja oli 7: Algorand, Avalanche, BNB Chain, Celo, Ethereum, Solana ja TRON. Tarkasteltavien hajautettujen autonomisten organisaatioiden ilmoitetut markkina-arvot vaihtelivat puolestaan 4640 dollarin ja 6,5 miljardin dollarin välillä. Näiden aineistosta havaittujen, usein esiintyvien teema-alueiden ja luokkien kautta tutkimuksessa luotiin lopulta DAO-ilmioitä hahmottelevia malleja.

Aineistolähtöinen sisällönanalyysi perustuu pääsääntöisesti aina tulkintaan ja päättelyyn, josta edetään kohti käsitteellisempää tulkintaa tutkittavasta kokonaisuudesta. Sisällönanalyysillä pyritään tutkimaan ilmiöitä ja kuvaamaan sitä tiivistetyssä ja yleisessä muodossa, mutta samalla myös kuvaamaan tutkimusdokumentin sisältöä sanallisesti (Sarajärvi & Tuomi, 2017). Tässä tutkielmassa kolmivaiheisen analyysin avulla aineisto järjestettiin selkeään ja tiiviiseen muotoon kadottamatta sen tarjoamaa informaatiota. Analyysistä saadut tutkimustulokset esitetään seuraavassa luvussa niin sanallisesti kuin erilaisin kuvioinkin.

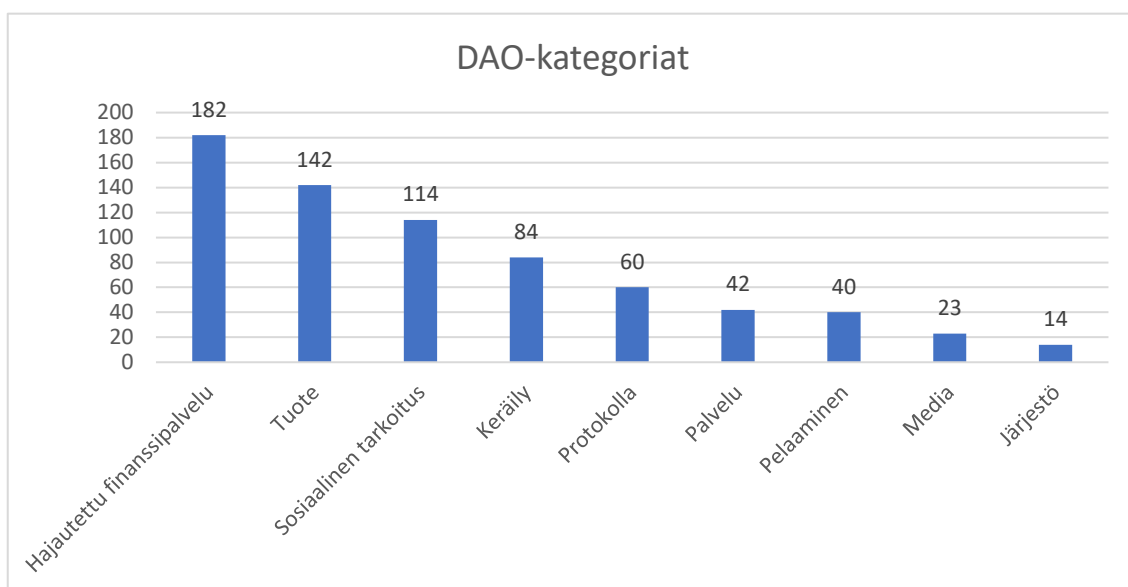
## 6 TUTKIMUSTULOKSET

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen empiirisen osion aineistoon perustuvat tulokset, jotka on kerätty ja analysoitu luvussa viisi esitetyllä tavalla. Alkuperäisaineisto jaettiin analyysiprosessissa teema-alueisiin, tarkemmin ottaen havaintoyksiköihin, joiden pohjalta saadut tulokset esitetään seuraavaksi omissa alaluvuissaan. Ensin kuvataan DAO:iden kategorisointi, jolla pyritään selvittämään, millaisia hajautettuja autonomisia organisaatioita on olemassa ja mikä on niiden yleisyysjärjestys. Toisessa alaluvussa selvitetään sen sijaan, paljonko tutkimusaineiston organisaatioiden markkina-arvot olivat yhteenlaskettuna ja missä kategorioissa ne olivat suurimmat. Tämän jälkeisessä kolmannessa alaluvussa käydään läpi kohdeorganisaatioiden perustamisvuosia, viimeisen alaluvun keskityessä DAO:iden käyttämiin lohkoketjuprotokolliin. Monitulkintaisuuden välttämiseksi kaikki tutkimustulokset esitellään mahdollisimman tarkasti, mutta samalla tiiviisti kullekin neljälle teema-alueelle sopivilla kuvioilla täydennettyinä.

### 6.1 Kategoriat

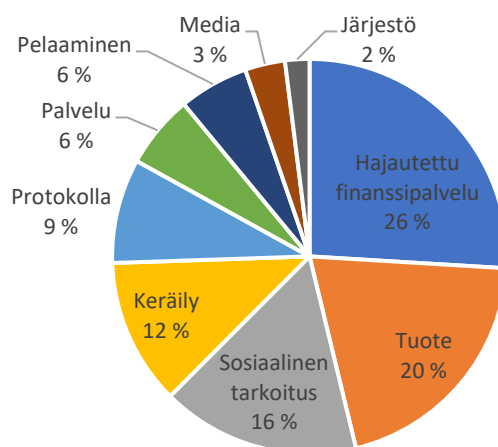
Empiirisen tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa pyrkimyksenä oli selvittää hajautettujen autonomisten organisaatioiden käyttötarkoituksia niin toimialakategorisoinnin, kuin myös sen kautta havaittujen kategorioiden keskinäisen vertailun avulla. Käyttötarkoituksia tutkittiin olemassa olevien hajautettujen autonomisten organisaatioiden nykytilan näkökulmasta, jolloin kategoria-datajoukon analysoinnin tarkoituksena oli tunnistaa, millaisia DAO-tyyppejä on olemassa ja millä toimialoilla ne toimivat eniten. Kuten tutkielman aiemmissa osissa on mainittu, tältä teema-alueelta todettiin ja suomennettiin yhdeksän käyttötarkoituskategoriaa, jotka olivat aakkosjärjestyksessä: 1.) **Hajautettu finanssipalvelu** 2.) **Järjestö** 3.) **Keräily** 4.) **Media** 5.) **Palvelu** 6.) **Pelaaminen** 7.) **Protokolla** 8.) **Sosiaalinen tarkoitus** 9.) **Tuote**. Tutkimusaineiston 638 kategorialuokan sisältänyttä DAO:ta käsittivät kaikkiaan 701 kategoriamerkintää, 65 organisaation kuuluttua vähintään kahteen eri kategoriaan. Lopulta nämä 701 merkintää lajiteltiin DAO-

kategorioiden järjestykseen niiden välisen yleisyysvertailun toteuttamiseksi. Kategoria-analyysin luokat ja tunnusluvut on kuvattu kuviossa 4.



KUVIO 4 DAO-kategoriat ja niiden yleisyys

Kuten kuviosta käy ilmi, hajautettu finanssipalvelu oli selvästi hajautettujen autonomisten organisaatioiden yleisin kategoria, tuote- ja sosiaalinen tarkoitus - kategorioiden yltäessä niin ikään yli sataan esiintymiskertaan. Vastaavasti vähiten DAO:ita oli pelaamiseen, mediaan ja järjestötoimintaan rinnastettavissa toimialakategorioissa. Samojen tunnuslukujen prosentuaalinen ilmaisutapa (kuvio 5) selventää kategorioiden suhteellisia osuuksia. Ympyrädiagrammista huomataan muun muassa, että hajautetut finanssipalvelut kattoivat peräti noin 26 prosenttia aineiston DAO:ista, kun taas järjestöjä oli ainoastaan 2 prosenttia.



KUVIO 5 DAO-kategorioiden prosentuaaliset osuudet

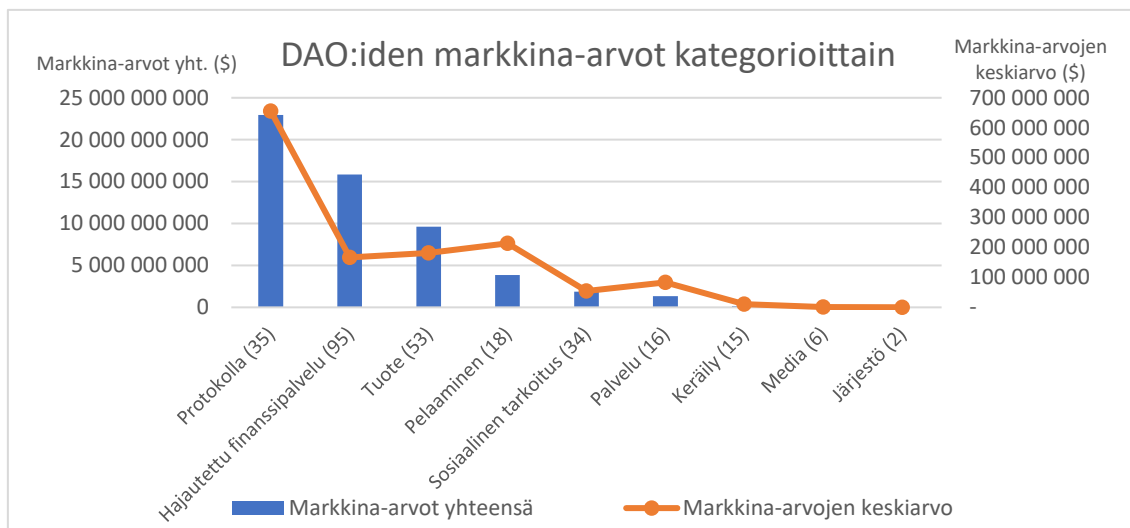


## 6.2 Markkina-arvot

Tutkimusaineiston hajautettujen autonomisten organisaatioiden markkina-arvojen analysoinnin tarkoituksena oli kartoittaa erityisesti, millaisia markkina-arvoja eri DAO-kategorioilla on. Koska jokaisen yhdeksän DAO-kategorian esiintyvyys oli markkina-arvojen lukumäärän osalta erilainen, päädyttiin samalla laskemaan myös markkina-arvojen keskiarvot aiemmin laaditun kategorisoinnin perusteella. Mikäli DAO:lla oli useampi kategorialuokka, jaettiin sen markkina-arvo tasan ilmoitettujen kategorioiden kesken, jolloin kokonaismarkkina-arvo saatiin pidettyä ennallaan. Näin ollen tältä teema-alueelta analysoitiin luvussa 5.3.2 kuvatun ryhmittelytavan mukaisesti 253 organisaatioita ja niiden 274 data-riviä. Yhdistelmäkuviossa 6 on esitetty DAO:iden markkina-arvot kategorioittain yhteenlaskettuina (pylväsdiagrammi) ja keskiarvojen mukaan (viivadiagrammi). Tilastollisten tunnuslukujen listaus (taulukko 1) tarjoaa lukujen täsmälliset arvot helpottaen erityisesti markkina-arvojen keskiarvojen tulkitsemista. Jokaisen kategorian perässä oleva luku ilmoittaa havaintoyksikön esiintymiskerrat koko aineistossa, minkä avulla voitiin laskea myös keskiarvo kunkin kategorian kokonaismarkkina-arvosta.

TAULUKKO 1 Listaus DAO-kategorioiden markkina-arvoista

<i>Kategoria (lkm.)</i>	<b>Markkina-arvot yhteensä (\$)</b>	<b>Markkina-arvojen keskiarvo (\$)</b>
<b>Protokolla (35)</b>	22 934 228 825	655 263 680,70
<b>Hajautettu finanssipalvelu (95)</b>	15 866 030 705	167 010 849,50
<b>Tuote (53)</b>	9 638 950 580	181 866 992,10
<b>Pelaaminen (18)</b>	3 840 840 495	213 380 027,50
<b>Sosiaalinen tarkoitus (34)</b>	1 870 239 165	55 007 034,26
<b>Palvelu (16)</b>	1 332 371 090	83 273 193,13
<b>Keräily (15)</b>	167 463 150	11 164 210,00
<b>Media (6)</b>	6 565 685	1 094 280,83
<b>Järjestö (2)</b>	624 855	312 427,50
<b>Kaikki (274)</b>	55 657 314 550	152 041 410,61



KUVIO 6 DAO-kategorioiden markkina-arvot yhteensä ja keskiarvoittain

DAO-kategorioiden markkina-arvoja tarkasteltaessa selviää, että protokolla-DAO:illa oli selvästi suurin yhteenlaskettu markkina-arvo – siitäkin huolimatta, että niitä oli lukumäärällisesti vasta kolmanneksi eniten. Tämä selittyy pitkälti sillä, että aineiston organisaatioista kaksi markkina-arvoltaan suurinta, Tron DAO (6,5 miljardia dollaria) ja Polygon (5,83 miljardia dollaria), ovat protokollia, jolloin jo pelkästään näiden kahden DAO:n yhteismarkkina-arvo oli peräti 12,33 miljardia dollaria eli hieman yli 22 % kaikkien DAO:iden kokonaismarkkina-arvosta. Määrällisesti eniten DAO:ita oli hajautettujen finanssipalveluiden kategoriassa, jota edustavien organisaatioiden markkina-arvot olivat yhteensä noin 15,86 miljardia dollaria. Teema-alueen kolmanneksi suurimman kategorian yhteenlaskettujen markkina-arvojen perusteella muodostivat tuote-DAO:t lähes 9,64 miljardin dollarin markkina-arvolla. Markkina-arvoltaan kolmanneksi suurin yksittäinen DAO, Ava Labs (4,58 miljardia dollaria), oli yksi näistä tuote-toimialakategorian 53 organisaatiosta. DAO-kategorioista alle miljardin dollarin markkina-arvoihin jäivät ainoastaan keräily, media ja järjestöt, joita oli myös aineiston organisaatioista vähiten. Kaikkien 253 analysoidun DAO:n kokonaismarkkina-arvo oli reilut 55,65 miljardia dollaria.

Keskiarvojen mukaan toteutettu analyysi osoitti, että aineiston 35 protokolla-DAO:n markkina-arvojen keskiarvo oli yli 655 miljoonaa dollaria, mikä on miltei neljä kertaa enemmän kuin yhteismarkkina-arvoltaan seuraavaksi suurimman kategorian, hajautettujen finanssipalveluiden, organisaatioilla. Merkittävää on, että toiseksi suurin markkina-arvojen keskiarvo löytyi pelaamisen kategoriasta, jonka 18 organisaation keskiarvoinen markkina-arvo oli yli 213 miljoonaa dollaria. Kolmanneksi suurin markkina-arvojen keskiarvo todettiin yhteenlaskettujen markkina-arvojen tapaan tuote-DAO:iden kategoriasta, jossa keskiarvo (noin 181,8 miljoonaa dollaria) ylitti koko teema-alueen DAO-kategorioiden kesken lasketun markkina-arvojen keskiarvon (noin 152 miljoonaa dollaria) vajaalla 30 miljoonalla dollarilla.

### 6.3 Perustamisvuodet

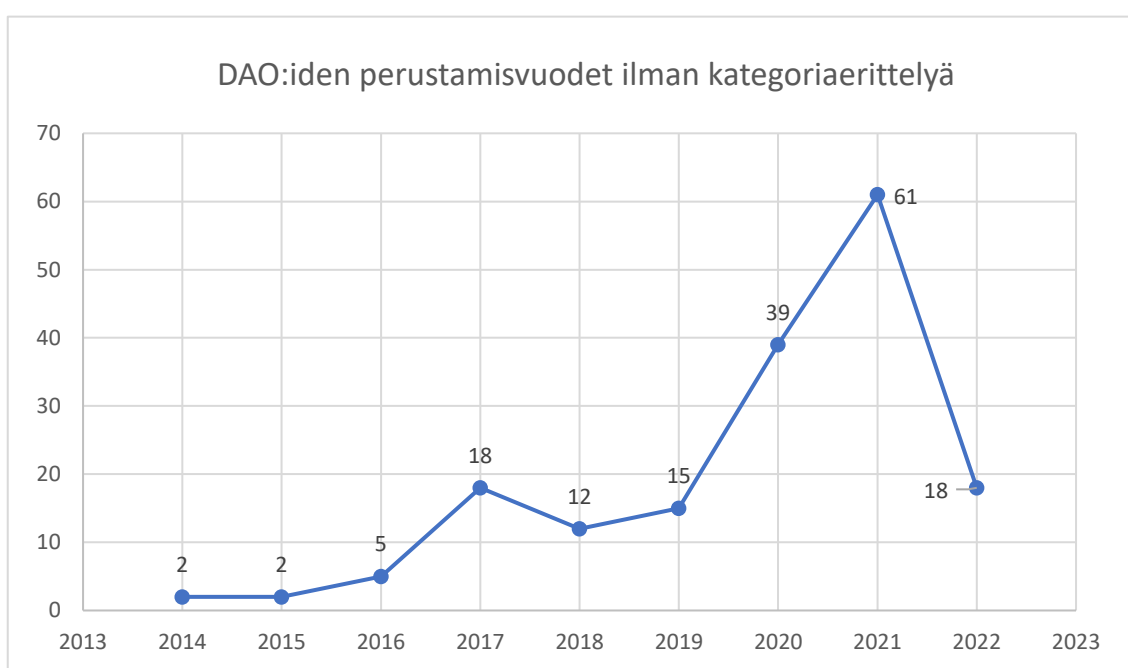
Perustamisvuosien osalta toteutetulla analyysillä pyrittiin havainnollistamaan DAO:iden perustamisen kehitystä vuosien mittaan. Tutkimuksen perimmäistä päämäärää peilaten teema-alueita tutkittiin lähtökohtaisesti DAO-kategorioiden näkökulmasta. Alaluvun lopussa perustamisvuosista saatuja tutkimustuloksia esitellään lyhyesti myös yksittäisten DAO:iden muodostaman kokonaisuuden osalta. Aineiston DAO:ista kaikkiaan 172 piti sisällään perustamisvuoden, näistä merkittävän osan, tarkalleen ottaen 61 organisaation kuuluttua samalla useampaan eri toimialakategoriaan. Muidenkin teema-alueiden analysoinnissa noudatetun toimintatavan mukaisesti myös tämän osion ensimmäisessä vaiheessa kaikki nämä perustamisvuodet päädyttiin liittämään jokaiseen ilmoitettuun DAO-kategoriaan. Tämän seurauksena analysoitavaksi ja vertailtavaksi päätyi lopulta yhteensä 237 perustamisvuoden sisältänyttä datariviä kaikissa yhdeksässä kategoriassa. Perustamisvuosien esiintyvyys eri kategorioiden hajautettujen autonomisten organisaatioiden datassa on eritelty alla taulukossa 2. Hahmotuksen sujuvoittamiseksi nollasummaiset rivit on jätetty tyhjiksi ja jokaisen kategorian organisaatioiden suurin esiintyvyytluku on lihavoitu.

TAULUKKO 2 DAO:iden perustamisvuodet kategorioittain tarkasteltuna

<i>Kategoria</i>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Yht.
Järjestö			1		1	1	1	<b>9</b>	1	14
Palvelu	1		2	3	2	7	9	<b>12</b>	5	41
Tuote	1		1	2	1	1	3	3	<b>6</b>	18
Keräily				1	1	1	3	<b>12</b>	2	20
Pelaaminen		1			1		2	7	2	13
Protokolla		1	1	7	6	2	3	5	3	28
Hajautettu finanssipalvelu			1	9	4	9	<b>28</b>	15	2	68
Media							1	<b>10</b>	3	14
Sosiaalinen tarkoitus					1		2	<b>13</b>	5	21
Yht.	2	2	6	22	17	21	52	86	29	237

Yllä esitettyä eri organisaatiotyyppien perustamisvuosia ilmentävää jakaumaa voidaan pitää tärkeänä hajautettujen autonomisten organisaatioiden käyttötarkoituksia käsittelevän tutkimuksen monipuolistamisen kannalta. DAO:iden ajankohtaisuudesta ja monialaisuudesta kielii se, että jokaiseen tunnistettuun kategoriaan on perustettu vähintään yksi uusi hajautettu autonominen organisaatio kaikkien kolmen viime vuoden aikana. Samalla

taulukosta huomataan, että protokolla-DAO on kategorioista ainoa, jossa organisaatioiden perustaminen ei ole ollut yleisintä vuosien 2020, 2021 tai 2022 aikana. Näiden yhdeksän vuoden aikana tasaisimpaan tahtiin uusia DAO:ita on perustettu tuote- ja protokollakategorioissa, kun vastaavasti mediakategorian organisaatioita havaittiin perustetun vasta kolmena viime vuotena. Vuosittain tarkasteltuna taulukosta voidaan todeta, että selvästi yleisin kategorioiden välillä vallitseva perustamisvuosi oli 2021, joka oli samalla myös kolmea kategoriata lukuun ottamatta kussakin kategoriassa suosituin. DAO:iden perustamisvuosia yleisellä tasolla osoittavassa mallissa (kuvio 7) perustamisvuosia ei ole analysoitu kategorioiden kesken, joten se kuvaa nimenomaan yksittäisten hajautettujen autonomisten organisaatioiden perustamisen vuosittaista muutosta.

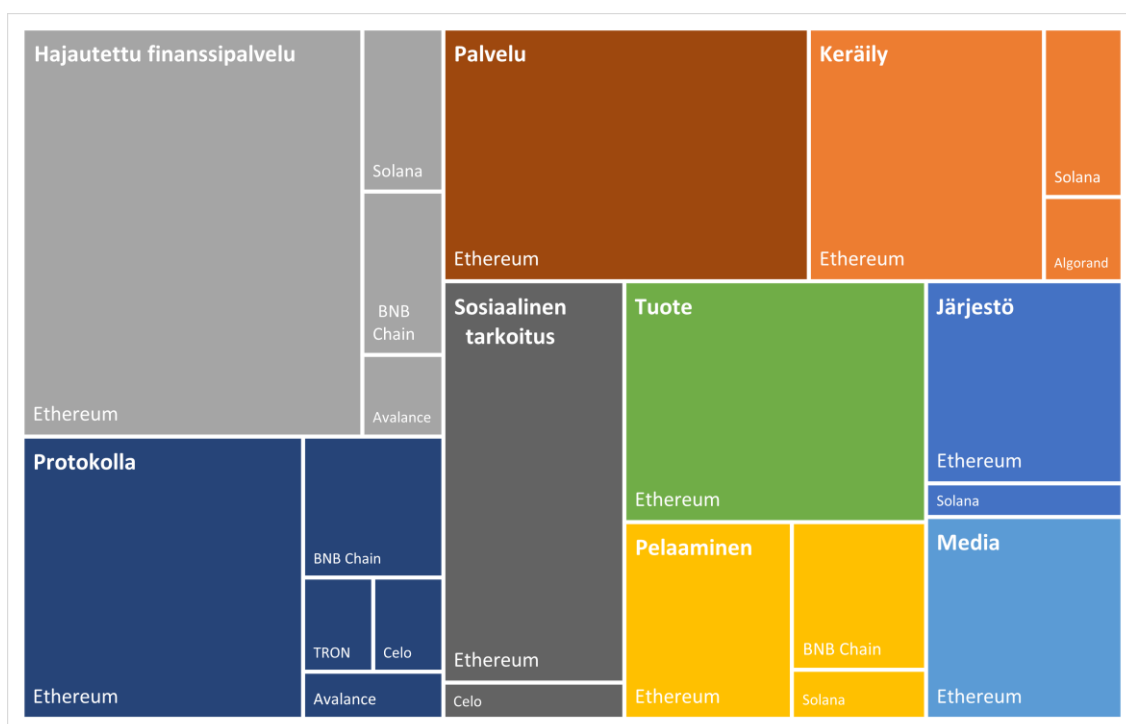


KUVIO 7 DAO:iden perustamisvuosilukujen esiintyvyys aineistossa

Kuviosta voidaan havaita perustettujen DAO:iden määrän kasvaneen suhteellisen progressiivisesti aina vuodesta 2014 vuoteen 2021 saakka. Vuoden 2022 verrattain matalaa esiintyvyyttä voi selittää yksinkertaisesti laskuun kääntyneen perustamistahdin ohella myös joko se, ettei vuosi 2022 ollut vielä aineistonkeruuhetkellä lopussa, tai se, ettei kaikkia uusia DAO:ita ollut välttämättä vielä ehditty listata Kleoversen työskentelyalustalle. Tämä tutkimusosio vahvisti kategorioittain tehdyn perustamisvuosianalyysin näkemystä siitä, että hajautettuja autonomisia organisaatioita on perustettu eniten vuonna 2021. Lukumäärällisesti DAO:ita perustettiin tuolloin yhteensä 61, mikä on yli kolmasosa kaikkien aineiston organisaatioiden perustamisvuosista. Aineiston ensimmäisten DAO:iden perustamisvuodeksi on puolestaan ilmoitettu 2014, jolloin myös Ethereumin perustajajäsen Buterin (2014) esitti yhden tunnetuimmista hajautetun autonomisen organisaation määrittelmistä.

## 6.4 Lohkoketjunalustat

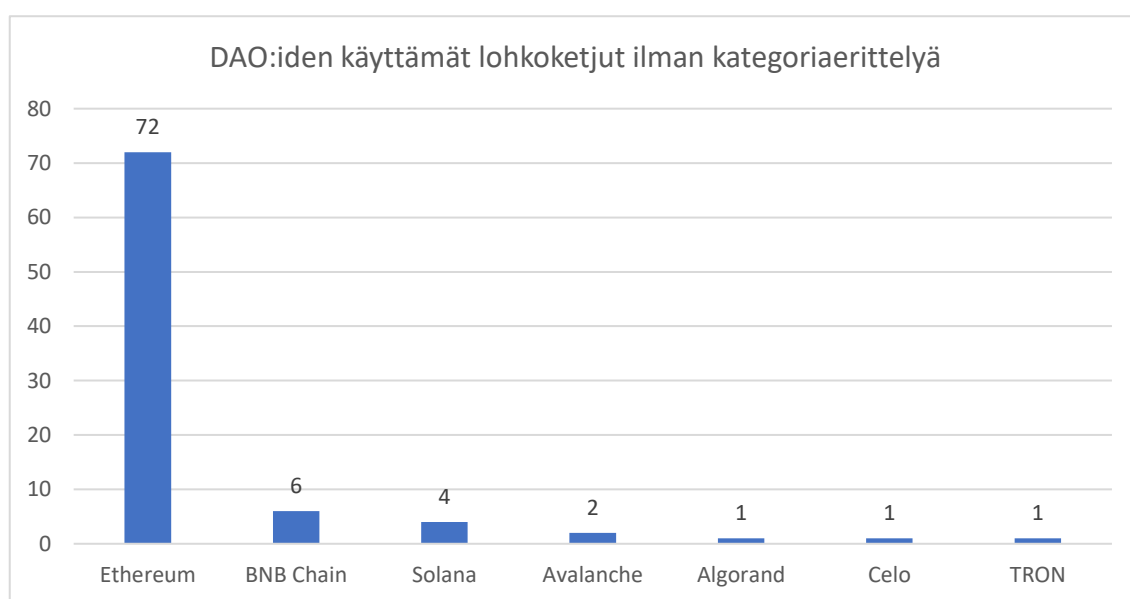
Viimeisenä hajautettujen autonomisten organisaatioiden käyttötarkoituksia tutkittiin lohkoketjunalustojen näkökulmasta. Tämän teema-alueen analysoinnin tavoitteena oli vastata kysymykseen siitä, millä kaikilla lohkoalustoilla hajautetut autonomiset organisaatiot ja erityisesti niiden eri kategoriat toimivat. Alkuperäisaineiston DAO:ista 87 piti sisällään lohkoketju-dataluokan, joka sisälsi tiedon siitä ensimmäisen kerroksen lohkoketjusta, jonka päällä kyseinen organisaatio toimii. Näistä organisaatioista 27 kuului vähintään kahteen käyttötarkoituskategoriaan, kun taas yhdelle ei ollut määritelty kategoriata lainkaan. Kun käyttötarkoituskategorian osalta sisällötön DAO jätettiin huomioimatta ja useampaan kategoriaan kuuluneet DAO:t eriteltiin kaikki niiden kategorialuokat huomioiden, analyysiin päätyi lopulta 115 sekä kategorian että lohkoketjun käsittävää datariviä. Eri kategorioissa käytettyjen lohkoketjujen välinen jakautuminen on tuotu esiin kuviossa 8. Tässä kuviossa kutakin DAO-kategoriata edustaa värillinen suorakulmio, joka sisältää pienempiä, lohkoketjunalustoja kuvaavia suorakulmioita. Jokaisen suorakulmion koko on määräytynyt aineistosta poimitujen esiintymis- arvojen mukaan.



KUVIO 8 DAO-kategorioissa käytetyt lohkoketjut

Analyysistä ilmeni, että hajautettuja autonomisia organisaatioita toimii kaikkiaan 7 eri lohkoketjunalustalla, jotka olivat suosituimmuusjärjestyksessä Ethereum (95), BNB Chain (8), Solana (6), Avalanche (2), Celo (2), Algorand (1) ja TRON (1). Jokaisessa DAO-kategoriassa ylivoimaisesti käytetyin lohkoketju oli

Ethereum, jonka osuus oli vähimmilläänkin (pelaamisen kategoriassa) jopa noin 55 %. Kuviosta nähdään, että eniten eri lohkoketjuja käytettiin protokolliksi luokiteltavien DAO:iden keskuudessa, kun vastaavasti palvelu-, tuote- ja media-kategoriaan kuuluvat organisaatiot toimivat yksinomaan Ethereum-lohkoketjussa. Tämän tutkimusosion yhteydessä haluttiin selvittää hajautettujen autonomisten organisaatioiden käyttämiä lohkoketjualustoja myös organisaatiotasolla. Kategoriatonta muodostamista noudattaneessa yleisluontoisessa katsauksessa (kuvio 9) painotettiin yksittäisten DAO:iden käyttämiä lohkoketjuja, joten useampaan kuin yhteen kategoriaan kuuluville organisaatioille ei luotu analyysivaiheessa erillisiä datarivejä kategoriaperusteisesti.



KUVIO 9 DAO:iden käyttämien lohkoketjujen esiintyvyys aineistossa

Tämän teema-alueen organisaatiotasoisien analyysien tulokset yllä osoittavat Ethereumin olevan selvästi suosituin lohkoketjualusta myös yksittäisten DAO:iden näkökulmasta tarkasteltuna. Kaksi seuraavaksi yleisintä ja aineistosta erottuvaa DAO:iden käyttämää lohkoketjua olivat BNB Chain ja Solana, Algorandin, Celo ja TRONin jäädessä yhteen esiintyvyyshetken. Aineistosta analysoitujen 87 organisaation joukosta vain 15 operoivat jonkin muun kuin Ethereumin päällä, mistä voidaan laskea Ethereumin toimivan lohkoketjualustana yli 82 % DAO:ista.

## 7 POHDINTA JA YHTEENVETO

Tässä luvussa vedetään yhteen tutkimustuloksista johdetut päätelmät sekä pohditaan niiden yhteyttä esitettyihin tutkimuskysymyksiin ja aihealueen aiempaan tutkimukseen. Luvun päämääränä on toimia kirjallisuuskatsauksen, käytettyjen tutkimusmenetelmien ja tulosten välisenä yhteenvetona. Samalla tarkastellaan sitä, miten saadut tulokset sekä edistävät tiedon lisääntymistä että täyttävät havaittua tutkimusaukkoa lohkoketjujen ja hajautettujen autonomisten organisaatioiden tutkimusalueella. Ensimmäisessä alaluvussa käydään järjestään läpi kaikkien teema-alueiden tulokset ja niistä tehdyt tulkinnat. Tutkimuskysymyksiin vastaamisen lisäksi näitä tulkintoja pyritään peilaamaan teorialuvuissa esitettyyn muuhun tutkimuskirjallisuuteen. Tämän jälkeisessä ja samalla tutkielman viimeisessä alaluvussa esitetään tulosten luotettavuuteen vaikuttavat rajoitukset sekä annetaan aihe-ehdotuksia jatkotutkimusta varten.

### 7.1 Johtopäätökset

Kuten johdannossa todettiin, lohkoketjujen käytön yleistyessä ja kryptomaailman kasvaessa hajautettujen autonomisten organisaatioiden (DAO) käynnistämisestä on tulossa suosittu vaihtoehto digitaaliseen yhteishallintaan. Ajankohvaisuutensa vuoksi hajautettujen autonomisten organisaatioiden määrä kasvaa ja uusia DAO-tyyppejä kehitetään jatkuvasti. Tietojärjestelmätieteen tutkijoista muun muassa Rikken, Janssen ja Kwee (2021) sekä Ziegler ja Walpe (2022) ovat viime vuosien julkaisuissaan nostaneet esiin tarpeen tutkia erilaisia DAO-tyyppejä ja selventää niiden määritelmiä ja ominaisuuksia. Tätä tutkimustarvetta korosti entisestään ymmärrys siitä, että ilman tällaista kategorisointia on hyvin vaikeaa pysyä ajan tasalla kaikista olemassa olevista DAO-projekteista, jolloin myös hajautettujen autonomisten organisaatioiden kannalta toistaiseksi varsin ongelmallista regulaatiota on lähestulkoon mahdotonta yhtenäistää. Tässä tutkimuksessa näihin havaittuihin puutteisiin vastattiin ensinnäkin esittelemällä

tunnistetut DAO-kategoriat (luku 6.1), jonka jälkeen niiden vaikuttavuuteen perehdyttiin kolmesta muusta teema-alueesta (luvut 6.2, 6.3 ja 6.4) käsin.

Tutkielman ensimmäisessä teorialuvussa käsiteltiin organisaatioita ja organisoitumista niin yleisellä kuin teoreettisellakin tasolla. Khanin ja Yun (2021) tutkimus osoittaa, että esimerkiksi juuri agenttiteoria ja toimijaverkkoteoria ovat sellaisia organisaatioteorioita, joita voidaan käyttää lohkoketjukirjallisuuden eri tutkimusalueiden tietoperustan laajentamiseen. Siinä missä jotkin julkaistut teokset ovat esittäneet edistyneitä näkemyksiä lohkoketjuteknologian tieteenalan teoreettisista vaikutuksista, on perinteisinä pidettyjä organisaatioteorioita kuitenkin kritisoitu siitä, etteivät ne ole ottaneet riittävästi huomioon lohkoketjuteknologian mahdollistamaa hajauttamista (Albareda ym., 2020). Tutkielman toisen teorialuvun tarkoituksena oli kirkastaa tämän lohkoketjujen aikaansaaman teknologiamuutoksen kokonaisuutta ja merkitystä niin toimintaperiaatteiden, ekosysteemin kuin erilaisten soveltamisvaihtoehtojenkin kautta. Viimeisessä teorialuvussa esiteltiin mahdollisimman kokonaisvaltaisesti keskeistä kirjallisuutta hajautetusta organisoinnista, ts. hajautetuista autonomisista organisaatioista. Omassa tutkimuksessaan Albareda ym. (2020) huomaavat tämänkaltaisella kirjallisuuskatsauksella olevan huomattavia vaikutuksia esimerkiksi organisaatio- ja johtamistutkimukseen sekä hajautetun luottamuksen näkökulmien valikoinnin lisäämiseen. Kyseinen DAO:ita käsittelevä synteesiluku antoi osaltaan vastauksia myös ensimmäiseen tutkimuskysymykseen ”miten hajautettuja autonomisia organisaatioita voidaan hyödyntää?”.

Tutkimuksen tärkeimmän teoreettisen kontribuution voidaan nähdä rakentuneen kategorisoinnin teema-alueen analysoinnista, sen tulosten vastattua toiseen tutkimuskysymykseen ”minkälaisia sovelluskohteita hajautetuilla autonomisilla organisaatioilla on?”. Muista teema-alueista poiketen kategorisoinnin analyysiprosessin ydin oli käsitteellistämässä, jolla pyrittiin tutkimuskohteen rakenteen mallintamiseen. Tutkimusosiossa tunnistettiin seuraavat 9 DAO-tyyppiä ja toimialaa, joilla hajautetut autonomiset organisaatiot toimivat: **hajautettu finanssipalvelu, järjestö, keräily, media, palvelu, pelaaminen, protokolla, sosiaalinen tarkoitus ja tuote**. Näiden kategorioiden välinen yleisyysvertailu osoitti, että jopa yli neljännes DAO:ista on hajautettuja finanssipalveluita, joiden liiketoiminta perustuu erilaisten rahoitus- ja vakuutuspalveluiden tarjoamiseen lohkoketjussa. Kolmen yleisimmän DAO-tyyppin joukkoon kuuluivat myös digitaalisia tuotteita valmistavat organisaatiot ja yhteisen kiinnostuksenkohteen jakavat sosiaalisen tarkoituksen verkkoyhteisöt.

Vaikka tutkimuksessa käytettiinkin melko paljon tilastollista ja numerollista ilmaisua tulosten esittämisen tukena, voitiin valittua tutkimusmenetelmää pitää laadullisena ja aineistolähtöisenä, sillä tutkitusta ilmiöstä käytettiin siihen liittyneitä ja aineiston analyysin kautta avautuneita käsitteitä (Charmaz, 2000). Yllä lueteltuja kategoriakäsitteitä hyödynnettiin kaikkien myöhempien teema-alueiden analysoinnissa ja niiden kautta syvennettiin käsitystä hajautettujen autonomisten organisaatioiden käyttötarkoituksista. DAO-kategorioiden markkina-arvoja tarkasteltaessa havaittiin, että protokolliksi luokitetuilla DAO:illa oli keskiarvoltaan selvästi suurin markkina-arvo. Protokolla-DAO:iden lisäksi



markkinoiden suurimpia toimijoita nousi esiin pelaamisen, tuotteiden sekä hajautettujen finanssipalveluiden kategorioista, joissa markkina-arvojen keskiarvo voitiin ilmoittaa niin ikään sadoissa miljoonissa. Aineiston kaikkien DAO:iden yhteenlasketuksi markkina-arvoksi saatiin noin 55,65 miljardia dollaria. DAO:iden markkina-arvot lasketaan kertomalla organisaation kryptovaluutan hinta kierrossa olevien rahakkeiden lukumäärällä, joten markkina-arvojen osalta kyse ei ollut siitä DAO:iden omistamasta kassavarallisuudesta, joita ne voivat käyttää oman harkintansa mukaan. Teema-alueella esitettyjä markkina-arvoja on kuitenkin syytä arvioida ainoastaan suuntaa antavina, sillä kryptovaluuttoja pidetään yleisesti korkean volatiliteetin sijoitusinstrumentteinä, kun kryptomarkkinoilla esiintyy päivittäin suuria hintojen arvovaihtelua (Wang & Zhu, 2021).

DAO:iden perustamisvuosien osalta tutkimuksessa nähtiin, että uusia hajautettuja autonomisia organisaatioita on perustettu suhteellisen tasaisesti kasvavaa vauhtia aina vuoden 2014 ensimmäisistä DAO:ista vuoden 2021 huomattavaan määrän lisääntymiseen saakka. Eräitä selkeimpiä perustamisvuosissa tapahtuneita kasvumuutoksia huomattiin hajautettujen finanssipalveluiden, keräilyn ja sosiaalisen tarkoituksen kategorioissa. Kategorioittain eriteltynä suurin yksittäinen esiintyvyyssvuosiluku löytyi vuodelta 2020, jolloin uusia hajautettuja finanssipalveluita tarjoavia organisaatioita perustettiin peräti 28. Perustettujen DAO:iden määrä hajautettujen finanssipalveluiden kategoriassa oli tuolloin vähintään kolme kertaa niin paljon kuin minään muuna vuonna sitä ennen. Vuonna 2021 vastaavanlaista kehitystä tapahtui esimerkiksi keräilyn ja sosiaalisen tarkoituksen DAO:iden keskuudessa, kun molemmissa kategorioissa perustaminen lisääntyi ainakin 300 % edellisvuosiin nähden. Aiemman tutkimuskirjallisuuden perusteella hajautettujen finanssipalvelu -DAO:iden perustamisessa tapahtuneen merkittävän muutoksen taustalla voidaan päätellä olevan DeFi-vuodeksiinkin kutsutun, vuoden 2020 hajautetun finanssimaailman ekosysteemin valtavan kehittymisen (Chohan, 2021). Keräilyn ja sosiaalisen tarkoituksen organisaatioiden vuoden 2021 nopean yleistymisen voidaan taas tulkita olevan seurausta samana vuonna tapahtuneesta NFT:iden, eli erilaisten digitaalisten hyödykkeiden, suosion räjähdysmäisestä kasvusta (Nadini ym., 2021). Näistä perustamisvuosien teema-alueelta paljastuneista tuloksista voidaan tehdä kaksi johtopäätöstä: ensinnäkin kryptomarkkinoiden tapahtumat heijastuvat ja vaikuttavat vahvasti myös DAO:ihin, ja toisekseen tutkimuksen tulokset ilmentävät ja todentavat näitä markkinoilla esiintyviä trendejä.

DAO:iden käyttämien lohkoketjupalustojen osalta tutkimuksessa saatiin selville, että peräti yli neljä viidestä hajautetusta autonomisesta organisaatiosta käyttää Ethereum-verkkoa. Tulokset ovat samansuuntaisia kuin luvun 3.2 ensimmäisen kerroksen lohkoketjujen ekosysteemiä havainnollistavassa kuviossa, jonka mukaan Ethereumin ohella merkittävimpiä julkisia lohkoketjuja ovat muun muassa BNB Chain ja Solana. Näiden mainittujen lohkoketjujen lisäksi DAO:ita toimii ainakin Avalanchen, Algorandin, Celon ja TRONin lohkoketjupalustoilla. Nämä kolme viimeksi kerrattua teema-alueetta näkökulmineen täydentävät kirjallisuuskatsauksen pohjustamaa vastausta tutkimuskysymykseen "miten hajautettuja autonomisia organisaatioita voidaan hyödyntää?".

## 7.2 Rajoitukset ja jatkotutkimus

Tämän tutkielman suurimmat rajoitukset liittyvät aineiston laatuun, johon keskeisesti vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi aikaisemman kirjallisuuden niukkuus ja eri toimijoiden mahdolliset taloudelliset insentiivit. Kirjallisuuskatsaukseen valikoitua lähdemateriaalia on pyritty sekä arvioimaan kriittisesti että käyttämään mahdollisimman täsmällisesti ja kattavasti. Tästä huolimatta teoriaosuiden rajoituksena voidaan nähdä DAO:ita käsittelevän tieteellisen kirjallisuuden vähäinen määrä, minkä vuoksi joidenkin spesifimpien aihepiirien kohdalla teoriaa jouduttiin täydentämään myös toissijaiseen lähdeaineistoon viitaten. Empiirisen osion tutkimusaineisto on puolestaan kerätty tietynä ajankohtana, yhden kohdeorganisaation tietokannasta, jolloin tutkimuksessa tehtyjä analyyseja voidaan nimittää myös sekundaarianalyyseiksi. Vaikka tämä ei automaattisesti merkitsekään tutkimusaineiston toissijaisuutta, olisi tieteellisesti kattavampi tulos saatu tutkimalla ja vertailemalla useampien Web3-alustojen DAO-dataa. Tutkijan kokemattomuus ja pro gradun -tutkielman suositeltu laajuus huomioiden edellä esitetyn laajemman analyysin ei kuitenkaan arvioitu soveltuvan tähän tutkimukseen.

Toinen mahdollinen rajoite tälle aineistolähtöiselle tutkimukselle on Kleoversen työskentelyalustalta kerätyn datan luotettavuus. Siitä huolimatta, että kyseistä verkkosivustoa ylläpitää asiantuntijoista koostuva toimituskunta, voi kuka tahansa rekisteröitynyt käyttäjä ehdottaa datan lisäämistä tai muokkaamista sivustolla. Niinpä on mahdollista, että vaikkapa taloudelliset insentiivit tai oman edun tavoittelu ovat johtaneet joitakin DAO:ita koskevan tiedon, esimerkiksi markkina-arvojen, virheellisyyteen. Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat myös aineistossa esiintyneet käsitteet ja niiden määritelmät. Lohkoketjuteknologian useiden sovelluskohteiden määrittelytavat ovat muuttuneet vuosien varrella, joten kaikki tutkimusaineiston organisaatiot eivät välttämättä täytä erilaisia DAO:ille annettuja määritelmiä tai merkityksiä. Myöskään DAO:iden kategoria- tai tyyppiluokituksille ei ole olemassa minkäänlaista yleisesti hyväksyttyä typologiaa, joten eri kategoria-termien määritelmät ovat alalla varsin häilyviä. Tämän seurauksena tutkimuksessa analysoidut hajautetut autonomiset organisaatiot saattavat olla kategorisoituna toisella tapaa jossain muualla.

Näiden rajoitusten valossa saadut tutkimustulokset eivät ole yleistettävissä jokaiseen tutkimustilanteeseen, eikä niitä voida pitää täysin ehdottomina. Toisaalta on myös tärkeää huomata, ettei tutkimuksessa pyritty laajaan yleistettävyyteen, vaan sen tarkoituksena on toimia ilmiön alkuvaiheen yksinkertaisena ja suhteellisen jäsennessämallina, joka toivottavasti voi edesauttaa tulevaisuuden DAO-tyyppittelyä. Kananen (2014) huomauttaakin, että ilmiöön voidaan vaikuttaa vasta silloin, kun sen peruseräpäätteen on tunnustettu. Niinpä työssä pyrittiin laadullisen tutkimuksen keinoin luomaan mahdollisimman kattava kuvaus hajautettujen autonomisten organisaatioiden ilmiöstä, mikä voi kannustaa ja toimia perustana DAO-ekosysteemiä käsitteleville jatkotutkimuksille.

Lohkoketjuteknologia ja sen useat sovelluskohteet ovat suurelta osin vielä määrittelyvaiheessa, joten niitä koskevalla tutkimuskentällä on edelleen paljon tutkittavaa. Jatkotutkimuksella voitaisiin selvittää aiempaa syvällisemmin erilaisten DAO-tyyppien toimintamalleja ja käytänteitä niin niiden sisäisen toiminnan kuin DAO:iden välisten vuorovaikutussuhteidenkin ymmärtämiseksi. Tämän ohella olisi perusteltua luoda tässä tutkimuksessa esitetyille kategorioille uusia alaluokkia tarkemman käyttötarkoituksensa määrittelyn mahdollistamiseksi. Toinen varsin tarpeellinen lisätutkimusaihe liittyy eri DAO-tyyppien ja lohkoketjuekosysteemien oikeudellisiin rakenteisiin. Esimerkiksi hallinnollisten rakenteiden kartoitustyö voisi tukea Web3- ja lohkoketjuteknologian sääntelytarpeiden tunnistamista ja edistää sitä kautta hajautettujen autonomisten organisaatioiden laillista asemaa. Mahdollistava ja ajantasainen regulaatio tai standardointi parantaisi osaltaan myös DAO:iden toimintaedellytyksiä, helpottaen niiden perustamista, hallinnointia ja hyväksyttävyyttä. On varsin todennäköistä, että liian hitaasti tapahtuvan ja epäselvän sääntelyn kehittäminen tulisi viivästyttämään tämän uuden teknologian käyttöönottoa. Kolmantena mielenkiintoisena jatkotutkimusaiheena ehdotetaan lohkoketjuteknologiapohjaisten hallintomallien omaksumista koskevaa kysely -tai haastattelututkimusta, jolla pyrittäisiin selvittämään aktiivisten toimijoiden käyttökokemuksia eri tavoin toteutetuista hajautetuista autonomisista organisaatioista.

## LÄHTEET

- Abdullah, H., Uli, J. & Mohamed, Z. A. (2014). Relationship between organizational characteristics and information security knowledge management implementation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 123, 433-443.
- Ahmady, G. A., Mehrpour, M. & Nikooravesh, A. (2016). Organizational structure. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 230, 455-462.
- Albareda, L., Hsieh, Y. Y., Lu, C., Murray, A. M., Santana, C. & Vergne, J. P. (2020). Decentralized Organizational Theory: Distributed Trust and Blockchain. Briarcliff Manor, Academy of Management.
- Antonopoulos, A. M. (2014). *Mastering Bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies*. O'Reilly Media, Inc.
- Antonopoulos, A. M. & Wood, G. (2018). *Mastering ethereum: building smart contracts and dapps*. O'Reilly Media, Inc.
- Anttiroiko, A. V., Haveri, A., Karhu, V., Rynänen, A. & Siitonen, P. (2007). *Kuntien toiminta, johtaminen ja hallintasuhteet*. Tampere university press.
- Appelbaum, S. H. (1997). Socio-technical systems theory: an intervention strategy for organizational development. *Management decision*.
- Arsenault, E. (2020). Voting options in DAOs. *Medium*, 15, 2020.
- Ashby, W. R. (1961). *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall Ltd.
- Asif, S. (27.6.2022). BNB Chain: Tokenomics. *Figment*.  
<https://figment.io/resources/bnb-chain-tokenomics>
- Atzei, N., Bartoletti, M. & Cimoli, T. (2017). A survey of attacks on ethereum smart contracts- *International conference on principles of security and trust*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Au, M. (25.1.2022). 2022 Will Be The Year Of The DAO, But Practical Challenges Remain. *Consensys*. <https://consensys.net/blog/blockchain-explained/2022-will-be-the-year-of-the-dao-but-practical-challenges-remain/>
- Bains, P. (2022). *Blockchain consensus mechanisms: A primer for supervisors*. International Monetary Fund.
- Bashir, I. (2017). *Mastering blockchain*. Packt Publishing Ltd.

- Blockchain-Comparison. (ei pvm.). Verkkosivu. Viitattu 3.10.2022.  
<https://blockchain-comparison.com/blockchain-protocols/>
- Braun, A., Häusle, N. & Karpischek, S. (2022). Collusion-Proof Decentralized Autonomous Organizations. SSRN.
- Brown, A. (1995) Organizational Culture. London: Pitman Publishing.
- Brown, D. (2014). The future of reward management: From total reward strategies to smart rewards. *Compensation & Benefits Review*, 46(3), 147-151.
- Buchanan, D. A. & Huczynski, A. A. (2019). *Organizational behaviour*. Pearson UK.
- Burns, T. E. & Stalker, G. M. (1961). The management of innovation.
- Buterin, V. (2014). A next-generation smart contract and decentralized application platform. *white paper*, 3(37).
- Buterin, V. (16.8.2021). Moving beyond coin voting governance. *Vitalik.ca*.  
<https://vitalik.ca/general/2021/08/16/voting3.html>
- Buterin, V. (17.9.2022). What kind of layer 3s make sense?. *Vitalik.ca*.  
[https://vitalik.ca/general/2022/09/17/layer\\_3.html](https://vitalik.ca/general/2022/09/17/layer_3.html)
- Callon, M. (1986). The sociology of an actor-network: The case of the electric vehicle. In *Mapping the dynamics of science and technology* (pp. 19-34). Palgrave Macmillan, London.
- Castor, A. (2017). A (Short) Guide to Blockchain Consensus Protocols. *Coindesk*.
- Chainalysis (27.6.2022). Dissecting the DAO: Web3 Ownership is Surprisingly Concentrated. *Chainalysis*. <https://blog.chainalysis.com/reports/web3-daos-2022>
- Chang, S. E., Chen, Y. C. & Wu, T. C. (2019). Exploring blockchain technology in international trade: Business process re-engineering for letter of credit. *Industrial Management & Data Systems*.
- Charmaz, K. (2000). Grounded theory: Objectivist and constructivist methods. *Handbook of qualitative research*, 2(1), 509-535.
- Chinonso, O. (2.5.2022). DAOs: A blockchain-based replacement for traditional crowdfunding. *Cointelegraph*. <https://cointelegraph.com/news/daos-a-blockchain-based-replacement-for-traditional-crowdfunding>

- Chohan, U. W. (2021). Decentralized finance (DeFi): an emergent alternative financial architecture. *Critical Blockchain Research Initiative (CBRI) Working Papers*.
- Christopher, J. (2010). Corporate governance – A multi-theoretical approach to recognizing the wider influencing forces impacting on organizations. *Critical perspectives on accounting*, 21(8), 683-695.
- Cohen, M. D., March, J. G. & Olsen, J. P. (1972). A garbage can model of organizational choice. *Administrative science quarterly*, 1-25.
- Conway, L. (7.2.2022a). What Is Solana (SOL)? Learn About Ethereum's Growing Rival. *Blockworks*. <https://blockworks.co/news/what-is-solana-everything-you-need-to-know-about-the-ethereum-rival>
- Conway, L. (28.2.2022b). What is the Ethereum Name Service? *Blockworks*. <https://blockworks.co/news/what-is-the-ethereum-name-service-ens>
- Darke, P., Shanks, G. & Broadbent, M. (1998). Successfully completing case study research: combining rigour, relevance and pragmatism. *Information systems journal*, 8(4), 273-289.
- DeepDAO (2022). Organizations. Verkkosivu. Viitattu 10.10.2022. <https://deepdao.io/organizations>
- Derbali, A., Jamel, L., Mani, Y. & Al Harbi, R. (2019). How Will Blockchain Change Corporate Governance. *Int. J. Bus*, 2, 16-18.
- Deszca, G., Ingols, C. & Cawsey, T. F. (2019). *Organizational change: An action-oriented toolkit*. Sage Publications.
- De Vries, A. (2022). Cryptocurrencies on the road to sustainability: Ethereum paving the way for Bitcoin. *Patterns*, 100633.
- Donaldson, L. (2001). *The contingency theory of organizations*. Sage.
- Dubnevych, N. (2022). DAO Types: Community DAO, Service DAO & Investment DAO and Regulatory Requirements For Each. Legal Nodes.
- DuPont, Q. (2017). Experiments in algorithmic governance: A history and ethnography of "The DAO," a failed decentralized autonomous organization. In *Bitcoin and beyond*, Routledge.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Agency theory: An assessment and review. *Academy of management review*, 14(1), 57-74.
- Emmett, J. (2019). Conviction Voting: A Novel Continuous Decision Making Alternative to Governance. *Medium*, July, 3.

- Eskola, J., & Suoranta, J. (2014). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Vastapaino.
- Faqir-Rhazoui, Y., Arroyo, J. & Hassan, S. (2021). A comparative analysis of the platforms for decentralized autonomous organizations in the Ethereum blockchain. *Journal of Internet Services and Applications*, 12(1), 1-20.
- Fenwick, T. & Edwards, R. (2010). *Actor-network theory in education*. Routledge.
- Ferdous, M. S., Chowdhury, M. J. M. & Hoque, M. A. (2021). A survey of consensus algorithms in public blockchain systems for crypto-currencies. *Journal of Network and Computer Applications*.
- Filley, A. C. & Aldag, R. J. (1978). Characteristics and measurement of an organizational typology. *Academy of management journal*, 21(4), 578-591.
- Frankenfield, J. (2022). *What is Ethereum?* Investopedia.
- Galbraith, J. R. (1995). *Designing organizations: An executive briefing on strategy, structure, and process*. Jossey-Bass.
- Garcia Bringas, P., Pastor-López, I. & Psaila, G. (2020). BlockChain Platforms in Financial Services: Current Perspective. *Business Systems Research: International journal of the Society for Advancing Innovation and Research in Economy*, 11(3), 110-126.
- Garriga, M., Dalla Palma, S., Arias, M., De Renzis, A., Pareschi, R. & Andrew Tamburri, D. (2021). Blockchain and cryptocurrencies: A classification and comparison of architecture drivers. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 33(8).
- Gillis, A. (2022). Blockchain dApp. IoT Agenda, *TechTarget*.
- Gogel, D. (2021). DeFi Beyond the Hype: The Emerging World of Decentralized Finance. In *collab. with Wharton Blockchain and Digital Asset Project and World Economic Forum*.
- Gortner, H. F., Mahler, J. & Nicholson, J. B. (1984). *Organization theory: A public perspective*. Wadsworth Publishing Company.
- Graneheim, U. H., Lindgren, B. M. & Lundman, B. (2017). Methodological challenges in qualitative content analysis: A discussion paper. *Nurse education today*, 56, 29-34.
- Gudgeon, L., Moreno-Sanchez, P., Roos, S., McCorry, P. & Gervais, A. (2020). Sok: Layer-two blockchain protocols. In *International Conference on Financial Cryptography and Data Security* (pp. 201-226). Springer, Cham.
- Hajba, S. (1983). Organisaatiotyyloioista. *Hallinnon Tutkimus*, 2(2).

- Harisalo, R. (2008). *Organisaatioteoriat*. University of Tampere.
- Hassan, S. & De Filippi, P. (2021). Decentralized autonomous organization. *Internet Policy Review*, 10(2), 1-10.
- Hazari, S. S. & Mahmoud, Q. H. (2019). Comparative evaluation of consensus mechanisms in cryptocurrencies. *Internet Technology Letters*.
- Hedberg, B. L., Nystrom, P. C. & Starbuck, W. H. (1976). Camping on seesaws: Prescriptions for a self-designing organization. *Administrative Science Quarterly*, 41-65.
- Hellström, E. (2022). Fair Voting System for Permissionless Decentralized Autonomous Organizations. [Master's thesis, Uppsala universitet, Uppsala]. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-477437>
- Hennekes, B. (6.5.2022). The Pros and Cons of Building a DAO. *Web3 University*. <https://101blockchains.com/pros-and-cons-of-dao/>
- Hiltunen, L. (2009). Graduaineiston analysointi. *Jyväskylän yliopisto*.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2009). Tutki ja kirjoita. 15. painos. *Helsinki: Tammi*, 135, 140.
- Hsieh, H. F. & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative health research*, 15(9), 1277-1288.
- Howell, J. (29.4.2022). What are the advantages of a DAO? *101 Blockchains*. <https://101blockchains.com/advantages-of-dao/>
- Hämäläinen, R., Jones, R. & Saarinen, E. (2014). *Being Better Better-Living with Systems Intelligence*. Aalto ARTS Books.
- Im, D. K. D. (2018). The blockchain trilemma. Davidim.
- Irresberger, F., John, K., Mueller, P. & Saleh, F. (2021). The public blockchain ecosystem: An empirical analysis. *NYU Stern School of Business*.
- Ivanovs, A. (29.11.2022). What is a DAO? Examples of DAO Crypto Projects. *Geekflare*. <https://geekflare.com/dao-crypto-projects/>
- Jan, H. (2018). Älykkäät sopimukset – Lohkoketjuteknologia korvaa asianajajat. *Coinweb*. Viitattu 20.5.2022.
- Jensen, M. C. & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. In *Corporate Governance* (pp. 77-132). Gower.



- Johnston, D., Yilmaz, S. O., Kandah, J., Bentenitis, N., Hashemi, F., Gross, R., Wilkinson, S. & Mason, S. (2014). *The General Theory of Decentralized Applications, DApps*. BitAngels.
- Jones, G. R. (2013). *Organizational theory, design, and change* (pp. 31-33). Boston: Pearson.
- Juhila, K. (2021). Koodaaminen. *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Viitattu 30.11.2022.
- Juuti, P. (2006). *Organisaatiokäyttäytyminen*, Otavan Kirjapaino Oy.
- Järvinen, P. (2000). Research questions guiding selection of an appropriate research method. In *Proceedings of ECIS2000, 3-5 July* (pp. 124-131).
- Kananen, J. (2014). Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä. *Miten kirjoitan kvalitatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta*. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu, 18.
- Kaplan, S.N. (1982). *Advanced management accounting*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Kendall, W. (2022). *How to Create a DAO*. Alexandria: *Coinmarketcap*.
- Khan, S. A. R. & Yu, Z. (2021). A Systematic Literature Review: Blockchain Technology and Organizational Theories in the Perspective of Supply Chain Management. In *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing.
- Kinnunen, T., Leviäkangas, P., Kostiainen, J., Nykänen, L., Rouhiainen, K. & Finlow-Bates, K. (2017). Lohkoketjuteknologian soveltaminen ja vaikutukset liikenteessä ja viestinnässä. *Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 12/2017*.
- Kiong, L. V. (2021). *DeFi, NFT and GameFi Made Easy: A Beginner's Guide to Understanding and Investing in DeFi, NFT and GameFi Projects*. Liew Voon Kiong.
- Kleoverse. (ei pvm.). About Kleoverse. Verkkosivu. Viitattu 19.11.2022. <https://kleoverse.super.site/kleoverse-core-team>
- Koskinen, I. (1999). Tiimit ja johtamisen organisoituminen asiantuntijatyössä. *Hallinnon tutkimus*, 18(1).
- Kurki, S. & Wilenius, M. (2015). Organisations and the sixth wave: are ethics transforming our economies in the coming decades?. *Futures*, 71, 146-158.
- La Capra, E. (26.2.2022). What is the role of a decentralized autonomous organization in Web3? Cointelegraph.

<https://cointelegraph.com/explained/what-is-the-role-of-a-decentralized-autonomous-organization-in-web3>

- Laloux, F. (2014). *Reinventing organizations: A guide to creating organizations inspired by the next stage in human consciousness*. Nelson Parker.
- Lamport, L., Shostak, R. & Pease, M. (2019). The Byzantine generals problem. In *Concurrency: the Works of Leslie Lamport* (pp. 203-226).
- Larimer, D. (2013). DAC Revisited. *Let's Talk Bitcoin*.
- Latour, B. (1992). Where are the missing masses? The sociology of a few mundane artifacts. *Shaping technology/building society: Studies in sociotechnical change*, 1, 225-258.
- Latour, B. (2007). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oup Oxford.
- Lauslahti, K., Mattila, J. & Seppälä T. (2016). Älykäs sopimus –Miten blockchain muuttaa sopimuskäytäntöjä? *ETLA Raportit No 5*.
- Law, J. & Hassard, J. (1999). *Actor network theory and after*. Oxford, England: Blackwell.
- Law, J. (2009). Actor network theory and material semiotics. *The new Blackwell companion to social theory*, 3, 141-158.
- Lawrence, P. R. & Lorsch, J. W. (1967). Differentiation and Integration in Complex Organizations. *Administrative Science Quarterly*, 12(1), 1-47.
- Lee, M. Y. & Edmondson, A. C. (2017). Self-managing organizations: Exploring the limits of less-hierarchical organizing. *Research in organizational behavior*, 37, 35-58.
- Litterer, J. A. (1973). *Analysis of organizations*. Wiley.
- Liu, Z., Li, Y., Min, Q. & Chang, M. (2022). User incentive mechanism in blockchain-based online community: An empirical study of steemit. *Information & Management*, 103596.
- Lämsä, A. M., & Hautala, T. T. (2004). *Organisaatiokäyttäytymisen perusteet*. Edita.
- Mattila, J. (2016). *The blockchain phenomenon—the disruptive potential of distributed consensus architectures* (No. 38). ETLA working papers.
- Mattila, J., Seppälä, T., Hukkinen, T., Laikari, A., Markkanen, K., Koulu, R. & Jia, K. (2019). Lohkoketjuteknologian hyödyntämismahdollisuudet palkkatulojen verotuksessa. *Valtioneuvoston kanslia*.

- McLean, C. & Hassard, J. (2004). Symmetrical absence/symmetrical absurdity: Critical notes on the production of actor-network accounts. *Journal of management studies*, 41(3), 493-519.
- Mehar, M. I., Shier, C. L., Giambattista, A., Gong, E., Fletcher, G., Sanayhie, R., Kim, H. M. & Laskowski, M. (2019). Understanding a revolutionary and flawed grand experiment in blockchain: the DAO attack. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 21(1), 19-32.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage.
- Mingxiao, D., Xiaofeng, M., Zhe, Z., Xiangwei, W. & Qijun, C. (2017). A review on consensus algorithm of blockchain. In *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (pp. 2567-2572). IEEE.
- Morphy, E. (2018). The Problems With Blockchain's Smart Contracts. *CMS WiRe*.
- Morrison, R., Mazey, N. C. & Wingreen, S. C. (2020). The DAO controversy: the case for a new species of corporate governance?. *Frontiers in Blockchain*, 3, 25.
- Mougayar, W. (2016). *The business blockchain: promise, practice, and application of the next Internet technology*. John Wiley & Sons.
- Mullins, L. J. (2007). *Management and organisational behaviour*. Pearson education.
- Murray, A., Kuban, S., Josefy, M. & Anderson, J. (2021). Contracting in the smart era: The implications of blockchain and decentralized autonomous organizations for contracting and corporate governance. *Academy of Management Perspectives*.
- Nadini, M., Alessandretti, L., Di Giacinto, F., Martino, M., Aiello, L. M. & Baronchelli, A. (2021). Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features. *Scientific reports*.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*, 21260.
- Nguyen, G. T. & Kim, K. (2018). A survey about consensus algorithms used in blockchain. *Journal of Information processing systems*, 14(1), 101-128.
- Nirolution (9.8.2018). Was is a DAO? Decentralized Autonomous Organization Simply Explained! *Nirolution*. <https://nirolution.com/decentralized-autonomous-organization/>

- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O. & Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering*.
- Nylander, M. & Hakonen, A. (2015). Palkitseminen ihmisten johtamisessa. *Jyväskylä: PS-kustannus*.
- O'Connor, K. (18.1.2022). Popular Voting Mechanisms Used by DAOs. *Code2*.  
<https://code2.io/blog/web3-dao-voting-mechanisms/>
- Overby, E., Bharadwaj, A. & Sambamurthy, V. (2006). Enterprise agility and the enabling role of information technology. *European Journal of Information Systems*, 15(2), 120-131.
- Oyinloye, D. P., Teh, J. S., Jamil, N. & Alawida, M. (2021). Blockchain consensus: An overview of alternative protocols. *Symmetry*, 13, 1363.
- Panetta, K. (2019). 5 Trends Appear on the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2019. *Gartner*.
- Posner, E. A. & Weyl, E. G. (2014). Quadratic voting as efficient corporate governance. *The University of Chicago Law Review*, 81(1), 251-272.
- Puusa, A. & Reijonen, H. (2011). Aineeton pääoma organisaation voimavarana. *EU: UNIpress*.
- Puutio, R. (8.4.2013). Organisaatioajattelu – mitä se on? *Metanoia Insituutti*.  
<https://metanoiainstituutti.fi/organisaatioajattelu-mita-se-on>
- Rahkola, M. (2019). Katsaus lohkoketjuteknologioiden hyödyntämiseen Suomessa. *Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu*, 1, 2019.
- Rikken, O., Janssen, M. & Kwee, Z. The Ins and Outs of Decentralized Autonomous Organizations (Daos). *Available at SSRN 3989559*.
- Rivera, P. (23.3.2022). Thoughts on DAO Tooling. Verkkosivu. Viitattu 8.9.2022.  
<https://patrickrivera.substack.com/p/thoughts-on-dao-tooling>
- Robertson, B. J. (2007). Organization at the leading edge: Introducing Holacracy™. *Integral Leadership Review*, 7(3), 1-13.
- Rocket, T. (2018). Snowflake to avalanche: A novel metastable consensus protocol family for cryptocurrencies. *Available [online]*. Viitattu 30.8.2022.
- Rocket, T., Yin, M., Sekniqi, K., van Renesse, R. & Sirer, E. G. (2019). Scalable and probabilistic leaderless BFT consensus through metastability. *arXiv preprint, Cornell University*.
- Ross, S. A. (1973). The economic theory of agency: The principal's problem. *The American economic review*, 63(2), 134-139.

- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2009). Menetelmäopetuksen tietovaranto KvaliMOTV. *Kvalitatiivisten menetelmien verkko-oppikirja. Yhteiskuntatieteellisen tietoarkiston julkaisuja.*
- Salau, A., Dantu, R., Morozov, K., Badruddoja, S. & Upadhyay, K. (2022). Making Blockchain Validators Honest. In *2022 Fourth International Conference on Blockchain Computing and Applications (BCCA)*. IEEE.
- Santana, C. & Albareda, L. (2022). Blockchain and the emergence of Decentralized Autonomous Organizations (DAOs): An integrative model and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change.*
- Sarajärvi, A., & Tuomi, J. (2017). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi: Uudistettu laitos.* Tammi.
- Schneider, N. (2014). Are You Ready to Trust a Decentralized Autonomous Organization? Shareable.
- Schreiber, T. (2017). E-learning objects and actor-networks as configuring information literacy teaching. *Library and Information Science, Uppsala, Sweden.*
- Shermin, V. (2017). Disrupting governance with blockchains and smart contracts. *Strategic Change, 26(5), 499-509.*
- Shuttleworth, D. (7.10.2021). What Is A DAO And How Do They Work? *Consensys*. <https://consensys.net/blog/blockchain-explained/what-is-a-dao-and-how-do-they-work/>
- Sieniutycz, S. (2019). Complexity and complex thermo-economic systems. *Elsevier.*
- Simonite, T. (2016). The "Autonomous Corporation" Called the DAO Is Not a Good Way to Spend \$130 Million. MIT Technology Review.
- Sims, A. (2019). Blockchain and decentralised autonomous organisations (DAOs): the evolution of companies? *New Zealand Universities Law Review.*
- Sine, W. D., Mitsuhashi, H. & Kirsch, D. A. (2006). Revisiting Burns and Stalker: Formal structure and new venture performance in emerging economic sectors. *Academy of management journal, 49(1), 121-132.*
- Storås, N. (5.4.2016). Lohkoketjuteknologia pähkinäkuoressa – tämä kannattaa tietää. *Tivi.*
- Swan, M. (2015). Blockchain: Blueprint for a new economy. Sebastopol: *O'Reilly Media, Inc.*

- Szabo, N. (1994). Smart contracts.
- Tan, J. Z. & Miller, L. V. (2022). Building net-native agreement systems. *arXiv preprint arXiv:2205.14290*.
- Thibault, L. T., Sarry, T. & Hafid, A. S. (2022). Blockchain Scaling using Rollups: A Comprehensive Survey. *IEEE Access*.
- Tian, F. (2016). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. *13th international conference on service systems and service management (ICSSSM)*. IEEE.
- Tienari, J. & Meriläinen, S. (2009). *Johtaminen ja organisointi globaalissa taloudessa*. WSOYpro.
- Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. *Supply chain management: an international journal*.
- United Nations. Statistical Division. (2008). *International Standard industrial classification of all economic activities (ISIC)* (No. 4). United Nations Publications.
- Vartiainen, M., Kokko, N. & Hakonen, M. (2004). *Hallitse hajautettu organisaatio-paikan, ajan, moninaisuuden ja viestinnän johtaminen*. Talentum Media Oy.
- Vermaak, W. (2021). What Are Application Layer Protocols? Alexandria: *Coinmarketcap*.
- Viljaranta, J. (1985). *Agenttiteoria yrityksen johdon laskentatoimen teoriana*. Helsingin kauppakorkeakoulu.
- Vitikka, M. (2020). *Digitaalinen transformaatio haastaa organisaatiot ketteryyteen ja jatkuvaan oppimiseen*. [pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto]. JYX-julkaisuarkisto. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ju-202006255119>
- Von Bertalanffy, L. (1928). *Kritische theorie der Formbildung* (No. 27). Gebrüder Borntraeger.
- Von Bertalanffy, L. (1973). The meaning of general system theory. *General system theory: Foundations, development, applications*, 30-53.
- Wackerow, P. (27.9.2022). Introduction to dapps. *Ethereum.org*. <https://ethereum.org/en/developers/docs/dapps/>
- Wang, S., Ding, W., Li, J., Yuan, Y., Ouyang, L. & Wang, F. Y. (2019). Decentralized autonomous organizations: concept, model, and applications. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 6(5), 870-878.

- Wang, S. & Zhu, X. (2021). Evaluation of Potential Cryptocurrency Development Ability in Terrorist Financing. *Policing: A Journal of Policy and Practice*.
- Weick, K. E. (1969). The social psychology of organizing. Topics in social psychology. Reading, Mass, 22.
- Weston, G. (21.10.2022). Beginners Guide to DAO Ecosystem. *101 Blockchains*. <https://101blockchains.com/dao-ecosystem/>
- Whyte, W. (2013). *The Organization Man*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Wiener, N. (2019). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT press.
- Wilkinson, L. A. (2011). Systems theory. *Encyclopedia of Child Behavior and Development*, 1466-1468.
- Wu, K., Ma, Y., Huang, G. & Liu, X. (2021). A first look at blockchain-based decentralized applications. *Software: Practice and Experience*, 51(10), 2033-2050.
- Xie, L. (20.5.2022). Key learnings from DAOs. *Mirror.xyz*. <https://linda.mirror.xyz/>
- Yakovenko, A. (2018). Solana: A new architecture for a high performance blockchain v0. 8.13. *Whitepaper*.
- Zhang, S. & Lee, J. H. (2020). Analysis of the main consensus protocols of blockchain. *ICT express*, 6(2), 93-97.
- Zheng, W., Yang, B. & McLean, G. N. (2010). Linking organizational culture, structure, strategy, and organizational effectiveness: Mediating role of knowledge management. *Journal of Business research*, 63(7), 763-771.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X. & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International journal of web and grid services*, 14(4), 352-375.
- Zhou, Q., Huang, H., Zheng, Z. & Bian, J. (2020). Solutions to scalability of blockchain: A survey. *Ieee Access*, 8, 16440-16455.
- Ziegler, C. & Welpel, I. M. (2022). A Taxonomy of Decentralized Autonomous Organizations. *ICIS 2022 Proceedings*. 1.