



# **Käsitteiden "Web3":n ja "Web 3.0":n määrittely ja niiden alle luokiteltujen teknologioiden soveltaminen**

Oulun yliopisto  
Tietojenkäsittelytiede  
Kandidaatin tutkielma  
Jenna Vepsäläinen  
2023

## Tiivistelmä

Tässä tutkielmassa tutkittiin miten käsitteitä Web 3.0 ja Web3 käytettiin tieteellisissä tutkimuksissa, mitä niillä tarkoitetaan ja millaisia teknologioita niihin sisältyy. Lisäksi tarkasteltiin näiden teknologioiden potentiaalisia uhkia ja ongelmia. Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena.

Tutkielman lähteiden perusteella selvisi, että Web 3.0 mielletään yhteneväisesti Web 2.0:n seuraajaksi, joka on puolestaan Web 1.0:n edeltäjä. Web 1.0 on käsitteenä määritelty määrittämään verkon alkuvaiheita, jolloin tieto liikkui pääasiassa yhteen suuntaan. Kun tiedon kuluttajat ottivat roolin myös sisällön tuottajina, alettiin tätä ajanjaksoa kutsua Web 2.0:ksi. Nyt nousseita uusia teknologioita halutaan luokitella uuden termin alle, joten termit Web 3.0 ja Web3 syntyivät. Ne toimivat usein synonyymeinä ja toisinaan myös eri teknologioita tarkoittavina termeinä. Yleisimmin Web 3.0:n alle luokitellaan lohkoketjuteknologiat ja hajautettu verkko. Web3 puolestaan liitetään yleisimmin semanttisten verkkojen yhteyteen. Näille teknologioille yhteistä on Web 2.0:n alle luokitelluista teknologioista eroavaisuus siinä, että tiedon omistajuumalli muuttuisi hajautetuksi ja vapaammaksi.

Uudet teknologiat tuovat mukanaan myös uusia käytännönsovellutuksia. Lohkoketjuteknologiat mahdollistavat uusia tapoja valmistaa sovelluksia, tallettaa tietoa, luoda maksuvälineitä, solmia terveystakuusopimuksia, suojella immateriaalioikeuksia, luoda uusia tapoja äänestää ja luoda peleihin uusia koukuttavia ominaisuuksia. Uudet ominaisuudet ja teknologiat tuovat kuitenkin mukanaan myös ongelmia ja uhkia. Semanttisen verkon ominaisuudet eivät toimi hyvin yhteen verkon nykyisen rakenteen kanssa ja lohkoketjuteknologian väärinkäytön mahdollisuus on korkea puutteellisten lainsäädännön ja standardien myötä. Nämä teknologiat ovat myös tuoneet mukanaan ympäristöongelmia valtavan resurssien kulutuksen ja elektroniikkajätteen myötä.

Tutkielman tuloksena on katsaus verkon historiaan, siihen miten näitä käsitteitä käytetään ja millaisia teknologioita niihin liitetään. Tutkielma toimii nopeana tapana tutustua Web 3.0 ja Web 3 käsitteisiin ja niiden merkitykseen tieteellisessä kontekstissa.

### *Avainsanat*

Web 3.0, Web3, Web 1.0, Web 2.0, lohkoketjut, semanttinen verkko

### *Ohjaaja*

Juho Mattila

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	2
Sisällysluettelo .....	3
1. Johdanto.....	4
2. Tutkimusmenetelmä .....	5
3. Aiempi tutkimus .....	6
3.1 Verkon historia .....	6
3.2 Web 3.0 ja Web3 .....	8
3.3 Web 3 ja Web 3.0 teknologiat .....	9
3.3.1 Teknologioiden käytännön sovellutusten mahdollisuudet .....	10
3.3.2 Teknologioiden käytännön sovellutusten ongelmat ja uhkat .....	13
4. Pohdinta.....	16
5. Johtopäätökset .....	19
Lähteet.....	20

# 1. Johdanto

Tämä kandidaatin tutkielma käsittelee käsitteitä Web3 ja Web 3.0 ja pyrkii selvittämään mitä näillä käsitteillä tarkoitetaan, millaisia teknologioita niiden alle luokitellaan ja miksi näitä ei ole vakiintuneesti määritelty. Tämän kirjallisuuskatsauksena toteutetun tutkielman motivaationa on koostaa aikaisempien tutkimusten ja internet-artikkeleiden pohjalta selvitys siitä, miten näitä käsitteitä käytetään tieteellisessä ja arkikontekstissa. Yhteneväisesti Web3 ja Web 3.0 pidetään kuitenkin Web 1.0:n ja Web 2.0:n seuraajina, verkon kolmantena vaiheena (Liu ym., 2022). Muita määritelmiä ovat lohkoketjuja käyttävä hajautettu verkko, sekä myös semanttinen verkko (Solanki & Dongaonkar, 2016).

Kirjallisuuskatsauksen tutkimusongelma on ”Web3:n ja Web 3.0:n määrittely ja niiden alle luokiteltujen teknologioiden soveltaminen”. Ongelmaa avaavat tutkielman tutkimuskysymykset: ”Mitä Web3 ja Web 3.0 ovat?”, ”Mitä teknologioita Web3 ja Web 3.0:n alle luokitellaan?”, ”Miten Web3 ja Web 3.0:n alle luokiteltuja teknologioita voidaan soveltaa?”, ”Mitä mahdollisuuksia Web3- ja Web 3.0 -teknologioiden soveltamisella on?” ja ”Mitä uhkia Web3- ja Web 3.0 -teknologioiden soveltamisella on?”. Käsiteltävien aiheiden ulkopuolelle on rajattu käsiteltyjen teknologioiden tarkat määrittelyt ja tekniset yksityiskohdat. Tässä kirjallisuuskatsauksessa on käytetty pelkästään aikaisempaa tutkimusta ja artikkeleita, eikä tätä varten ole toteutettu uutta tutkimusta.

Tutkielman alussa käsitellään verkon historiaa aina sen kehittämisestä tähän päivään saakka. Seuraavaksi käydään läpi erilaisia määritelmiä tälle verkon kolmannelle vaiheelle. Määritelmiä on kerätty sekä tieteellisestä kirjallisuudesta ja tutkimuksista, että internet-lähteistä. Tämän tiedon pohjalta lähdetään käsittelemään Web3:en ja Web 3.0:n ominaisuuksia ja eroja niiden edeltäjään Web 2.0:an, sekä näihin yhdistettyjä teknologioita. Loppuosuus tutkielmasta keskittyy näiden teknologioiden käytännönsovellutuksiin, mahdollisuuksiin ja potentiaalsiin ongelmiin ja uhkiin. Tutkielmaan valittiin erilaisia käytännönsovellutuksia: Web3 ja Web 3.0 teknologioiden käyttö terveydenhuollossa (Chondrogiannis, 2022), koulutuksessa (Kurilovas, 2014), immateriaalioikeuksien valvonnassa (Bonnet & Teuteberg, 2023), mobiilipelaamisessa (Paajala ym., 2022) ja äänestysteknologiana (Alvi, 2022). Nämä valittiin kattamaan useita erilaisia sovellutustapoja ja käyttötilanteita. Lisäksi tutkielmassa käsitellään yleisimpiä verkon kolmannen vaiheen teknologioita lohkoketjuja ja semanttista verkkoa, sekä niiden tarkempia ominaisuuksia ja käyttömekanismeja.

Toiseksi viimeisessä osuudessa, pohdinnassa, käydään läpi huomioita, joita näistä aikaisemmista tutkimuksista ja artikkeleista nousi esiin ja pohditaan niiden merkitystä kehittyvälle verkolle ja ihmisten arjelle verkon käyttäjinä. Ja viimeisessä osuudessa, johtopäätöksissä, käsitellään tutkielmasta syntyneitä johtopäätöksiä.

## 2. Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä tässä kandidaatin tutkielmassa on käytetty kirjallisuuskatsausta, jossa kaikki käytetty tieto on peräisin aikaisemmista tutkimuksista ja internet-artikkeleista. Tutkielmaa varten ei ole tehty uutta tutkimusta. Lähteet tutkielmaa varten on haettu Scopus ja ScienceDirect tietokannoista, sekä Google Scholar -hakupalveluista. Tutkielman tavoitteena on selvittää millä eri tavoin ”verkon kolmatta aikakautta” (Ragnedda & Destefanis, 2020) eli käsitteitä Web3 ja Web 3.0 käytetään tieteellisissä- ja arkikonteksteissa.

Haut aineistoa varten toteutettiin seuraavilla hakusanoilla: *'Web 3.0' AND definition, Web3 AND definition, 'Web 3.0' AND possibilities, Web3 AND possibilities, Web 3.0 risks* ja *Web3 risks*. Lisäksi lähteitä on kerätty löydettyjen artikkeleiden ja kirjallisuuden lähteistä. Käytetyt hakusanat tuottivat 6–25 000 kappaletta hakutuloksia, Google Scholar näistä ylivoimaisesti eniten. Scopus ja ScienceDirect tuottivat hakutuloksia maltillisesti muutamasta kymmenestä muutamaan sataan hakutulokseen. Lisäksi toteutettiin *Web 3.0* hakutermillä haku ScienceDirect tietokannasta ja hakua rajattiin ehdolla *Research article*. Haut perustuvat tavoitteeseen löytää määritelmiä termeille Web3 ja Web 3.0, sekä niiden alle luokiteltuja teknologioita ja näiden käytännönsovellutuksia ja potentiaalisia uhkia. Lähteiksi on lisäksi otettu lähteinä käytettyjen artikkeleiden lähteistä löytyneitä artikkeleita. Lähteistä on rajattu pois sellaiset materiaalit, jotka ovat maksumuurin takana Oulun yliopiston opiskelijalle.

### 3. Aiempi tutkimus

Tämä kappale käsittelee aiemman tutkimuksen ja kirjallisuuden avulla verkon historiaa, Web3 ja Web 3.0 käsitteiden määritelmiä, sekä näiden käsitteiden alle luokiteltuja teknologioita ja niiden potentiaalisia käyttötarkoituksia ja sovellutuksia, sekä mahdollisia uhkia käytännön näkökulmasta.

#### 3.1 Verkon historia

Verkko, englanniksi ”The Web”, joka on lyhenne ”World Wide Web”:stä, on kaikista tunnetuin tapa välittää dataa suurien etäisyyksien päähän, mutta se ei suinkaan ole ensimmäinen tällainen teknologia. Sitä edelsivät ja siihen vaikuttivat Odlyzkonin (2012) mukaan erityisesti Memex -dokumentinhallintajärjestelmä ja Xanadu -hypertekstiprojekti. Vannevar Bush kehitti vuonna 1945 hypoteettisen elektromagneettisen laitteensa Memexin ajatuksenaan mahdollistaa hypertekstijärjestelmät. Bush kirjoittaa vuoden 1945 artikkelissaan, että Memex on tallentava etäkäytönkin mahdollistava huonekalumainen laite, johon voidaan tallettaa viestit, kirjat ja tallenteet. Chakrabarti ym. (2000) kertovat, että Bushin ideoima Memex olisi toiminut henkilökohtaisena ja yhteisön omana tallennustilana, joka olisi kyennyt tallettamaan, analysoimaan ja indeksoimaan kaiken mahdollisen tiedon ja kokemuksemme. Bushin mukaan kyseessä olisi siis ihmisen omaa muistia täydentävä laite. Odlyzkon kuitenkin huomioi, ettei tällainen laitteisto ollut aikansa teknologioilla kuitenkaan mahdollista. Hän jatkaa, että samanlaisen kohtalon koki mahdollisesti myös Ted Nelsonin 1960-luvulla aloitettu projekti Xanadu. Vaikkei yhtenäistä konsensusta ole sen suhteen, mikä johti Xanadun epäonnistumiseen, yhtenä syynä pidetään sen aikaisen teknologian riittämättömyyttä. Nelsonin tavoitteet olivat Odlyzkonin mukaan liian tiukkoja ja vaatimukset muun muassa tiedon muuttumattomuudesta ja oikeuksien hallinnasta eivät olleet sitä mitä ihmiset tällaiselta järjestelmältä tuolloin tarvitsivat. Verkko puolestaan täytti tarpeeksi hyvin käyttäjien vaatimukset ja varmisti näin nykyisen paikkansa. Odlyzko arvioi, että vaikka verkon valta-asemaan nousu kesti useita vuosia, se oli varmaa, sen hyvän käytettävyyden ja tarpeeksi kattavan potentiaalisen käyttäjäkunnan myötä.

Berners-Lee ym. (1994) kertovat, että verkko suunniteltiin ”ihmistien tiedon altaaksi”, tallennustilaksi, johon oli pääsy etäältä ja joka mahdollisti yhteistyön projektien parissa. He mainitsevat, että jo tällöin vuonna 1994 verkon käyttö oli laajentunut valtavasti ja että lukijankin oli ehdottomasti kokeiltava sitä. Nyt se oli mahdollista helposti, sillä ensimmäiset verkon, WWW, eli W3 -asiakasohjelmat, engl. ”client”, olivat W3 -asiakasohjelmien myötä saatavilla. Näitä ennen käyttäjien oli tiedettävä tarkkaan, minkälaiseen palvelimeen he olivat yhdistämässä ja mitä komentokieltä heidän oli käytettävä. Hall ja Tiropanis (2012) jatkavat, että kun verkko yleistyi 1990-luvulla, se mahdollisti käyttäjien jakaa ja vastaanottaa dokumentteja, jotka sijaitsivat muualla kuin heidän omilla fyysisillä käyttöpäätteillään. Tämän myötä verkon ensimmäiset standardit liittyivätkin suurimmiksi osin siihen, kuinka dokumentteja käsitellään, näytetään ja jaetaan verkon välityksellä. Guidon & Pierre (1995) kertoivatkin ajan hetkellä verkon olevan tapa päästä käsiksi etänä sijaitseviin dokumentteihin ja sen tekevän niistä aktiivisia muokattavissa olevia elementtejä. Ja he osuvasti ennustivat sen muuttavan sitä, miten luemme, kirjoitamme ja julkaisemme dokumentteja tulevaisuudessa. He pitivätkin tärkeinä käsitteinä ”hypertekstiä” ja ”hypermediaa”. He määrittivät

hypertekstidokumentin tavalliseksi dokumentiksi, jonka erona perinteisiin dokumentteihin oli sen sisältämät hyperlinkit toisiin muualla sijaitseviin dokumentteihin, kuviin ja äänitteisiin. He kertovat myös, että dokumenttien löytämiseksi verkon välityksellä tarvitaan URL, engl. ”Uniform Resource Locator”, eli yhdenmukainen resurssin paikannin. URL toimi jo silloin samaan tapaan verkon sisällön yksilöivänä osoitteena ja tunnisteena, kuin tänäkin päivänä.

Solanki & Dongaonkar (2016) kertovat, että verkon ensimmäistä vaihetta kutsutaan nykyisin Web 1.0 -käsitteellä. Web 1.0 kattaa verkon ensimmäisen kankean olomuodon, jossa käyttäjät pystyivät lukemaan ja katselemaan verkossa olevaa dataa, mutta he eivät voineet vuoro vaikuttaa sen kanssa. Gosztonyin (2022) mukaan Herendy Csilla vertaa tätä tavallisen sanomalehden lukuun: lukija voi lukea ja selata sivuja, mutta hänen halutessaan ottaa yhteyttä toimitukseen, se tapahtuu samoilla perinteisillä menetelmillä, kuin fyysistä lehteä lukiessa: puhelimitse, sähköpostitse tai postitse. Tärkein ero oli kuitenkin verkossa julkaistun tiedon parempi ja laajempi saatavuus verrattuna painettuun mediaan. Tähän tarttuivatkin ensimmäiseksi yritykset tuotekatalogineen, mediat uutissivuineen ja käyttäjät, jotka halusivat luoda itselleen portfolioita.

Tim O’Reilly kertoo, että käsitteenä Web 2.0 syntyi vuonna 2003 O’Reilly Internationalin ja MediaLive Internationalin konferenssissa. Konferenssin keskustelussa pohdittiin dot-com -romahduksen seurauksia, ja keskustelijat tulivat siihen lopputulokseen, että verkko oli kaukana romahtamisesta. Päinvastoin monet yritykset olivat selvinneet ja uusia sivuja ilmestyi jatkuvasti verkkoon. Tuntui siis sopivalta antaa tälle romahduksen jälkeiselle ajanjaksolle oma nimi: Web 2.0, ja sen myötä perustettiin myös Web 2.0 konferenssi.

Solankin ja Dongaonkarin (2016) mukaan siinä missä Web 1.0 kuvaa passiivista verkkoa vailla reaaliaikaisia vuorovaikutusmahdollisuuksia, Web 2.0:n merkitykseen sisältyy verkko, jonka kanssa käyttäjät pystyvät kanssakäymään sisällön kanssa uusilla eri tavoilla ja sivustojen ylläpitäjät saivat uusia tapoja seurata sivujen menestystä ja liikennettä. Interaktiivinen verkko mahdollisti kävijämäärien seurannan ja sisällön kommentoimisen, sekä toi käyttäjille tavan lisätä omaa sisältöään muiden tahojen hallinnoimille sivuille muun muassa kommentoimalla sisältöä. Gosztonyi (2022) vahvistaa tämän kuvauksen kertomalla, että Attila Csordásin mukaan käyttäjien rooli muuttui tämän verkon uuden vaiheen myötä sisällön vastaanottajista osaksi sisällön tuotantoa. Uudet palvelut tarjosivat käyttäjille helpot ja yksinkertaiset käyttöliittymät palveluiden käyttöön ja sisällön tuottamiseen.

Newmanin ym. (2016) mukaan Web 2.0:n aikaan kuuluu ensimmäiset hajautetut toiminnot: kun palveluntarjoajien palvelujen suosio kasvoi, tarve palvelimille kasvoi. Tämä tarve ei kuitenkaan ollut tasaista, vaan aktiivisten käyttäjien määrä vaihteli vuorokauden ajan mukaan. Ratkaisuna oli kokonaan omien palvelimien sijaan vuokrata palvelimia yrityksiltä, kuten Amazonilta. Tätä kutsutaan pilvipohjaiseksi ratkaisuksi. Amazon AWS -palvelun sivuilla kerrotaan, että yritys voi ostaa palvelintilaa tarpeensa mukaan joustavasti niin, että ei joudu maksamaan turhasta tarpeettomasta suoritusetehosta. Tämä tulee sivuston mukaan myös halvemmaksi, sillä Amazonin kokoluokkaa oleville yrityksille laitteiston kustannukset jäävät pienemmäksi kuin pienen toimijoiden hankinnat. Yritysten palveluiden lisäksi pilvipohjaisia palveluita myydään myös loppukäyttäjille muun muassa pilvessä sijaitsevana tallennustilana. Newman ym. jatkavat, että pilvipalvelut olisivat todennäköisesti syntyneet jo aiemmin, jos virtualisointiteknologia ja verkkoyhteyksin nopeudet olisivat kehittyneet nopeammin.

Web 1.0:n, Web 2.0:n ja Web 3.0:n tapaisten käsitteiden lisäksi verkon kehitystä on kuvattu myös muunlaisilla ajanjaksoilla. Hall & Tiropanis (2012) jakavat tutkimuksessaan, jossa he tutkivat verkon kehittymistä ”verkkojen verkkona”, verkon kolmeksi erilaiseksi ajanjaksoksi: dokumenttien verkoksi, ihmisten verkoksi sekä tiedon ja sosiaalisuuden verkoksi. Yhtenä tärkeänä tekijänä verkkojen kehityksessä ovat olleet standardit, jotka ovat paitsi toimineet verkon kehittymisen tukena, mutta myös takaamassa verkon kestävyyttä ja avoimuutta. He nostavat esiin tutkimuksessaan kolme tärkeänä pitämäänsä oppia liittyen verkon kehittymiseen. Ensimmäinen oppi: Kehityksen kannalta koolla on väliä, eli on tärkeää yhdistää verkon aineisto ja käyttäjät toisiinsa linkein ja luoda kattava verkko niiden välille. Toinen oppi: Ei tule pyrkiä heti täydellisyyteen vaan siihen mikä on riittävää. Laatu ja tarkemmat ominaisuudet tulevat ajan myötä. Kolmas oppi: Avoimuus on avain kestävän ja laadukkaan verkon kehittymiseen. Verkko hyödyttää kaikkia, kun se on vapaa ja noudattaa yleismaallisia standardeja. Nämä opit ovat mahdollistaneet verkon kehittymisen dokumenttien verkosta aina sosiaalisuuden verkoksi.

### 3.2 Web 3.0 ja Web3

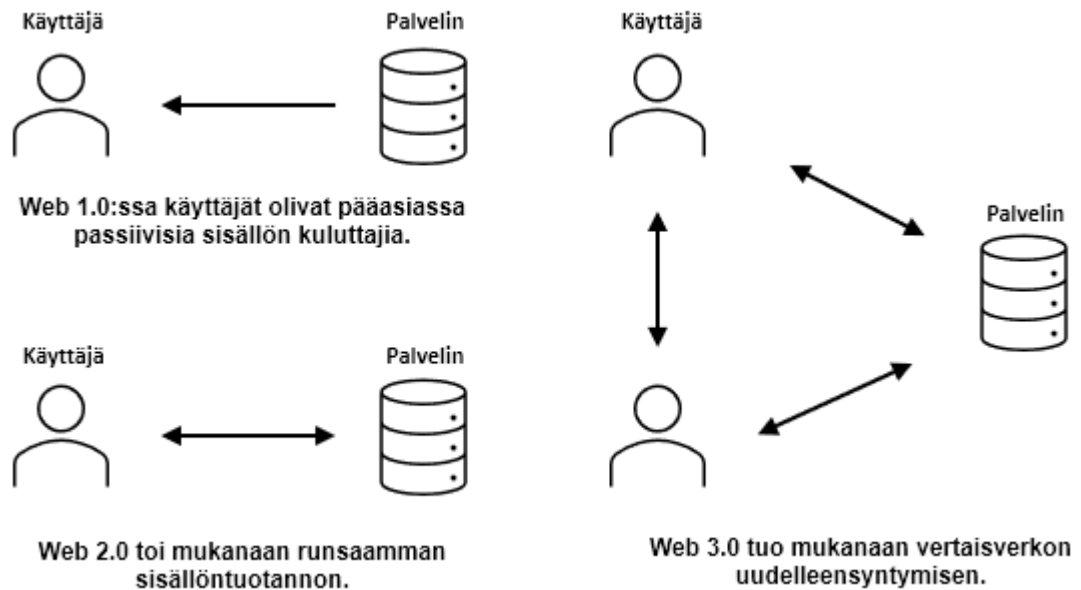
Käsitteet Web3 ja Web 3.0 ovat tällä hetkellä muodikkaita ja ne liitetään osaksi monia erilaisia teknologioita, joita uudenlaisen verkon ajatellaan edustavan. Web 3.0 käsitettä käytti ensimmäisenä John Markoff vuonna 2006 New York Times lehdessä julkaistussa artikkelissaan *Entrepreneurs See a Web Guided by Common Sense* (Chalopin & Trehan, 2022). Web3 käsite on puolestaan Gavin Woodin käsialaa vuodelta 2014 (Edelman, 2021). Ragnedda & Destefanis (2020) kuvaavat Web 3.0:n tarkoittavan verkon kolmatta vaihetta. Tämä kolmas vaihe eroaa heidän mukaansa Web 2.0:sta datan käsittelyn ja omistajuuden muutoksella, eli Web 3.0:n verkko toimii hajautettuna lohko-kehiteknologiaa hyödyntäen. Lohkoketjut tarjoavat tavan välittää tietoa, omaisuutta ja rahaa välttämättä datamonopolit, joissa tuotto ja palvelut keskittyvät muutamille isoille tahoille. Murray ym. (2023) kertovatkin, että joillekin Web3 tarkoittaa yksilöille oman datansa omistusoikeutta, jolloin he voivat itse hyötyä luomastaan sisällöstä ja oman käyttäytymisensä perusteella kerätystä datasta yksittäisen tahon sijaan.

World Wide Web Consortium, eli W3C määrittelee semanttisen verkon tiedon verkoksi, engl. ”Web of data”. W3C:n mukaan nykyinen verkko ei ole semanttinen, sillä eri sovellukset ja alustat pitävät tiedon itsellään eivätkä jaa sitä toistensa kesken. Esimerkkinä tällaisesta toimivuudesta olisi kalenteri, jonka eri päiviä painamalla voisi nähdä mitä kuvia käyttäjä on silloin ottanut tai millaisia pankkitapahtumia on silloin tapahtunut. Jotta verkko olisi semanttinen, verkossa olevan tiedon olisi käytettävä samoja formaatteja, jotta kaikki tieto olisi yhteensopivaa ja kaikkien toimijoiden käytössä. Käyttäjät ja koneet voisivat siirtyä tietokannasta toiseen tietoon linkitettyjen liittyvyysuhteiden avulla tehden tiedosta eri tahojen välillä käytettävää ja jaettavaa.

Kattavin luotaus siihen mitä Web 3.0:lla, tai heidän sanoin, Web3.0:lla, tarkoitetaan, löytyy Liu ym. (2022) tutkimuksesta, jossa he perehtyivät alan ja siihen liittyvien alojen asiantuntijoiden haastatteluiden perusteella määrittämään mitä tämä käsite pitää sisällään. He kertovat Web 3.0:n kuvaavan verkkoa, joka koostuu kolmesta eri osasta: yksittäisistä lohkoketjuista, yhtenäisistä ja hajautetuista alustoista, sekä yhteistoiminnallisuuden mahdollistavista alustoista. Yhteistoiminnallisuuden mahdollistavat alustat pystyvät yhdistämään eri yhtenäisiä ja hajautettuja alustoja riippumatta niissä käytetyistä teknologioista, esimerkiksi perinteisen Web 2.0 verkkopalvelun ja hajautetun verkon verkkopalvelun. Lohkoketjut puolestaan tarjoavat turvalliset älynsopimukset tehokkaalla suorituskyvyllä. Liu ym. kuitenkin erittelevät, että



tärkein kehityksellinen ominaisuus Web 3.0:ssa ei olekaan hajautettavuus tai luottamattomuus, vaan varmistettavuus.



**Kuva 1.** Verkon eri versiot (Piiros sovellettu Murray, 2023; Solanki & Dongaonkar, 2016).

Kuva 1. kuvaa pelkistetysti verkon kehitystä. Web 2.0:n myötä tieto alkoi liikkua runsain määrin kuluttajien ja tuottajien välillä molempiin suuntiin (Solanki & Dongaonkar, 2016). Verrattuna Web 2.0:aan, Web 3.0:n tunnusmerkkeihin kuuluu yleisemmin hyödynnetty vertaisverkon käyttö (Murray ym. 2023).

### 3.3 Web3 ja Web 3.0 teknologiat

Web3 ja Web 3.0 käsitteiden alle luokitellaan eri asiayhteyksissä monia eri teknologioita ja verkon käyttötapoja. Näistä yksi on semanttinen verkko. Berners-Leen ym. (2001) mukaan semanttinen verkko on nykyiseen verkkoon luotu uusi rakenne, jonka avulla koneet pystyvät lukemaan ja käsittelemään dataa uudella tavalla. Koneet pystyvät ymmärtämään datan sisältämän tiedon ja luomaan sille uusia asiayhteyksiä muuhun tietoon, luoden todellisen hyperlinkin: kaikki data on linkitetty keskenään riippumatta siitä missä se on tai mikä taho sen on julkaissut. Berners-Lee ym. (2001) jatkavat, että semanttisen verkon yksi peruselementeistä ovat ontologiat, kokoelmat tietoa. Ontologioiden avulla ohjelma, joka lukee kahta eri tietokantaa, joissa sama tieto on nimetty eri tavoin, pystyy tunnistamaan, että kyseessä on sama tieto ja käsittelemään tietoja samalla tavalla tai tarvittaessa muuttaa ne samaan muotoon. Tätä tarvitaan, jotta vain ihmisten ymmärrettävissä oleva data muuttuu myös koneiden ymmärrettävissä olevaksi. Esimerkkinä he antavat tilanteen, jossa termi ”osoite” voi tarkoittaa esimerkiksi verkko-osoitetta ja fyysistä postiosoitetta.

Janevin & Vranešin (2011) tekemän tutkimuksen mukaan semanttisen verkon teknologioiden käyttö tuo mukanaan huomattavasti tehokkaamman tiedon käsittelyn. Nämä teknologiat perustuvat tekniikoihin, joilla semanttista nimikointia ja automaattista ontologista oppimisteknologiaa käyttämällä epästrukturoidut tekstidokumentit on mahdollista prosessoida ja erotella niistä semanttiset yhteydet tehden sisällön liittyvyysuhteista tarkasti määriteltyjä ja täten koneiden luettavissa olevaa. He havaitsivat, että nämä teknologiat mahdollistivat muun muassa jopa 57 % paremman

tiedonhaun ja 10 % paremman kohdentamisen. Hakutulokset sai siis nopeammin ja ne olivat paremmin kohdennettuja. Tutkimuksen lopputuloksissa he kertovat, että semanttisen verkon teknologiat ovat kasvattaneet merkitystään ja ne ovat saaneet ympärilleen työkaluja, ohjelmistoja ja standardeja, jotka edesauttavat niiden kehittymistä ja yleistymistä.

Web3 ja Web 3.0 liitetään myös lohkoketjuteknologioihin. Guo & Yu (2022) kertovat paperissaan lohkoketjujen viehättävyyden syntyvän niiden kyvystä tarjota paitsi anonymiteettiä, myös luotettavuus. Lohkoketjuissa jokaisen transaktion laillisuus tarkastetaan ennen sen tallentamista ketjuun. Koska ketjussa olevaa dataa ei koskaan muokata tai poisteta, pystytään eri osoitteisiin tallennettuja versioita lohkoketjusta vertailemalla luottamaan sen oikeellisuuteen. Lohkoketjut toimivat siis ikään kuin tilikirja, jonka tiedot lisätään lohkomuodossa ketjuun. Tämän toimintamallin luotettavuus perustuu yhteisymmärrys algoritmiin, engl. ”consensus algorithm”, jossa valtaosa lohkoketjujen käyttäjistä tahtovat ylläpitää lohkoketjujen oikeellisuutta. Lohkoketjut pystyvät myös toimimaan sovelluksina. Murray ym. (2021) täsmentävät, että älysovimukset, engl. ”smart contracts”, ovat itsestään ehtojen täytyessä toimivia sovelluksia, jotka mahdollistavat toisilleen tuntemattomien tahojen suorittaa maksuja toisilleen. Murray ym. (2023) kertovat, että ne eivät ole riippuvaisia ne luoneista tahoista, vaan pystyvät toimimaan luotettavasti silloinkin, kun nämä tahot eivät ole enää olemassa.

Murray ym. (2023) määrittelevät termin Web3 Web 2.0:n seuraajaksi ja joukoksi uusia käyttötarkoituksia lohkoketjuteknologioille. Tähän kuuluvat heidän mukaansa kryptovaluutat, digitaaliset hallintatodistukset, hajautetut itsenäiset organisaatiot ja metaversumi. Balisin (2022) mukaan metaversumilla tarkoitetaan verkossa tapahtuvaa kolmiulotteista, immersiiivistä ja virtuaalista kokemusta, joka voi olla vaikkapa pelaamista tai työskentelemistä. Metaversumi ei kuitenkaan ole yhtenäinen rajaton tila, kuten -versumi -päätteestä voisi päätellä, vaan kyseessä on monien yksittäisten suljettujen ympäristöjen luoma kokemus uudenaikaisesta tilasta. Jokainen yksittäinen palveluntarjoaja voi päättää täysin siitä millainen heidän luomansa maailma on.

### 3.3.1 Teknologioiden käytännön sovellutusten mahdollisuudet

Semanttinen verkko ja lohkoketjuteknologiat mahdollistavat uusia tapoja toteuttaa verkossa tapahtuvia toimintoja, sekä mahdollistavat aivan uudenlaisten toiminnallisuuden toteuttamisen, mikä ei aiemmilla teknologioilla ole ollut mahdollista tai käytännöllistä.

Semanttisen verkon teknologioita voidaan Garcíá-Crespon ym. (2011) tekemän tutkimuksen mukaan käyttää tiedon hallinnoinnissa. Datan määrä on kasvanut viime vuosina valtavasti, eikä tälle kehitykselle näy loppua. Tämän alati kasvavan tiedon määrän hallinta on koko ajan haastavampaa ja resursseja enemmän vievää. Semanttiset digitaaliset kirjastot voivat tuoda avun tähän ongelmaan. Garcíá-Crespo ym. tutkivat CallimachusDL -kirjastoa ja huomasivat tämän tuottavan parempia hakutuloksia, kun verrokkina oli tyypillisiä Web 2.0-teknologioita käyttäviä digitaalisia kirjastoja. CallimachusDL -kirjasto eroaa heidän mukaansa muista kirjastoista viidellä eri tavalla: Metatiedon erillisellä esitysmuodolla, Moni-ontologisella digitaalisten kirjastojen lähteiden määrittelyllä, Semanttisella navigaatiolla ja hyvällä käytettävyydellä.

Lohkoketjuteknologiat mahdollistavat täysin uudenlaisen tavan järjestää organisaatio; hajautettu itsenäinen organisaatio, engl. ”Distributed Autonomous Organization, DAO”.

Rikkenin ym. (2023) tutkivat millä tavoin DAO on määritelty muissa tieteellisissä julkaisuissa luodakseen sille yhtenäisen määritelmän. He ehdottavat havaintojensa pohjalta sille seuraavaa määritelmää: DAO:t ovat tietoa tallentavia järjestelmiä, joissa hallinnolliset prosessit ja muut toiminnot toimivat hajautetusti ja automaattisesti. Tällä tarkoitetaan, että tieto ja toiminnot talletetaan ja suoritetaan automaattisesti ja päätöksenteko on hajautettu niin ettei mikään taho voi tehdä päätöksiä yksin. DAO:t toimivat täysin hajautetusti, sillä lohkoketjuilla tapahtuvat äänestykset eivät vaadi keskitettyä hallintoa äänestetyiden toimintojen suorittamiseksi. Lohkoketjujen ja niiden älysovimusten kyky tallettaa kaikki tapahtumat luotettavasti toimivat hyvänä pohjana DAO:jen toiminnalle. Rikken ym. korostavat määritelmässään aidosti hajautettua ja autonomista päätöksentekoa, vaikka jotkut DAO:ksi itsensä määrittelevät organisaatiot ovat poikenneet tästä erottamalla päätöksenteon ja toimintojen suorittamisen toisistaan. Murray ym. (2023) kuvaavat DAO:ita yksilöiden mahdollisuudeksi luoda anonyymisti ja turvallisesti yhteisöjä ja kerätä varoja. Heidän mukaansa monet nykyiset DAO:t ovatkin luotu yhteisten mielenkiinnonkohteiden ympärille, esimerkkinä Nouns DAO, joka kehitettiin hallinnoimaan Nouns NFT projektia. DAO:t voivat siis toimia tulevaisuuden keskustelukanavien ja yhteisöjen alustoina.

Lohkoketjuihin perustuvat hajautetut sovellukset, engl. ”Decentralised Applications, DApps”, ovat Johnstonin ym. (2018) mukaan autonomisesti toimivia avoimeen lähdekoodiin perustuvia sovelluksia. Lisäksi sen data on tallennettu hajautettuun lohkoketjuun ja sen toiminnan on perustuttava digitaalisiin rahakkeisiin, engl. ”token”, eikä sovellusta tule muuttua ilman käyttäjien enemmistöäntä. Johnston ym. jakavat DAppsit kolmeen kategoriaan: Tyyppi 1, jossa DAppsit käyttävät omaa lohkoketjuaan. Tyyppi 2, jossa DAppsit ovat protokollia, joilla on oma rahake ja jotka käyttävät tyyppi 1:den lohkoketjua. Tyyppi 3, jossa DAppsit käyttävät tyyppi 2:den protokollaa. Esimerkkinä tällä luokittelulle he antavat tyypillisen käyttöjärjestelmän, kuten Windows käyttöjärjestelmän, joka edustaa tyyppiä 1. Windowsin päällä pyörivä tekstinkäsittelyohjelma, kuten Word, edustaa tyyppiä 2. Ja tyyppiä 3 edustaa Wordiin asennettava lisäosa, joka toimii yhdessä sähköpostin kanssa. Johnston ym. jatkavat, että DApp voi saavuttaa yhteisymmärryksen kahdella eri tavalla: tehdyn työn varmenteella, engl. ”Proof-of-Work, PoW”, sekä osuuden varmenteella, engl. ”Proof of Stake, PoS”. Ensimmäisessä louhinnaksikin kutsutussa mekanismissa lohkoketjuun tehtävät muutokset vahvistetaan sen perusteella, kuinka paljon kukin sidosryhmä on osallistunut DApp:in toimintaan. PoW:n huonoiksi puoliksi mainitaan Chondrogianniksen ym. (2022) tutkimuksessa sen valtava resurssien kulutus. Louhinnassa louhijat ratkovat vaikeita matemaattisia pulmia, mikä vie valtavasti aikaa ja energiaa. Ratkaisuna Chondrogiannis ym. pitävät PoS mekanismia. Johnston ym. kertovat sen perustuvan DAppsien omistajien omistamiin osuuksiin sovelluksesta. Esimerkiksi osakkaan, joka omistaa 10 % DAppsien digitaalisista rahakkeista, ääni on 10 % painoarvoinen. Chondrogiannis ym. kertovat, että PoS-mekanismien luottamus perustuu siihen, että sijoittaessa siihen suuria summia rahaa, on todennäköisempää, että rahaa ketjuun sitonut taho haluaa tiedon olevan oikeellista, sillä väärä tieto voisi aiheuttaa suuria tappioita. Tässä mekanismissa ei käytetä samanlaisia määriä prosessointitehoa kuin PoW mekanismissa. Johnstonin ym. mukaan näitä mekanismeja voidaan kuitenkin käyttää myös yhdessä, mikä ehkäisee ”51 % hyökkäyksiltä”. Chondrogiannis ym. selventävät, että tällä tarkoitetaan PoW ja PoS mekanismien heikkoutta, jossa osakas, joka omistaa joko 51 % laskentatehosta tai 51 % valuutasta, voivat halutessaan vahingoittaa ja muokata lohkoketjua oman etunsa mukaisesti.

Liu ym. kommentoivat nykyisiä hajautettuja teknologioita, kuten Bitcoinia, etteivät ne enää toteuta hajautettua verkkoa Peer-to-Peer ideologialla massiivisten PoW louhinta-

altaiden myötä, missä lohkoketjujen louhinta on keskittynyt muutamille valtaville keskittymille. Chondrogiannis ym. selventävät, että louhinta-altailla tarkoitetaan tahoja, jotka toimivat yhdessä laskentaongelmat rinnastaen ja jakaen ne eri yksiköille. Nämä sitten jakavat tuotot keskenään. PoS:sta Liu ym. puolestaan kommentoivat sen hierarkkisuutta, kuvaamalla sen muistuttavan enemmän perinteistä Web 2.0 teknologiaa kuin varsinaista hajautettua mallia.

Lohkoketjujen kykyä tallettaa tietoa luotettavasti arvioitiin Chondrogianniksen ym. tutkimuksessa, jossa tutkittiin lohkoketjujen älysopimusten ja semanttisen verkon käyttöä terveydenhuollossa ja terveystietojen alustana. Tässä tutkimuksessa todettiin, että terveydenhuollon asiakkaiden terveystiedot ja vakuutusten ehdot on mahdollista tallettaa lohkoketjuun ja käyttää niitä terveystietojen solmimiseen. Terveystietojen tallettaminen lohkoketjujen ja semanttisen verkon teknologioiden avulla mahdollistaisi varmemman ja helpomman tiedonsiirron eri palveluiden tarjoajien välillä, sillä nykyisin terveydenhuollon palveluntarjoajien tietojärjestelmät ja tietokannat eivät toimi yhteen monista eri standardeista huolimatta. Terveystietojen eriytyminen erityisenä puolena olisi nopea korvausten maksu, sillä tiettyjen ehtojen täytyessä älysopimus lähtisi automaattisesti käyntiin ja maksu suoritettaisiin. Maksut tapahtuisivat automaattisesti sekä vakuutuksen ottaneille potilaille että terveydenhuoltopalvelut tarjoajille tahoille. Potentiaalisina heikkouksina he mainitsevat aiemmin mainitun ”51 % hyökkäyksen”, sekä älysopimusten kirjoittamiseen käytetyn korkean tason ohjelmointikielen. Nämä korkean tason kielet tarjoavat kehittäjille mahdollisuuden kirjoittaa hyvinkin monimutkaista koodia, ja kehittäjät saattavat käyttää muiden kirjoittamia lohkoketjujen sopimuksia. Hyökkääjä saattaa kirjoittaa sopimuksen, mikä pystyy käyttämään toisen sopimuksen metodeja, ja näin pystyy saamaan haltuunsa rahaa ja dataa.

Lohkoketjujen mahdollista käyttöä on kaavailtu myös äänestämiseen. Alvin ym. (2020) tutkimuksessa tutkittiin, kuinka Ethereum-lohkoketjut toimisivat luotettavamman ja turvallisemman äänestysmuodon kehittämisessä. Tähän asti paperista äänestystapaa on pidetty ainoana luotettavana äänestystapana, vaikka myös tätä äänestystapaa voidaan väärinkäyttää ja siinä voi tapahtua virheitä. Lohkoketjujen avulla äänestäessä anonymiteetti taattaisiin tallentamalla äänestäjän tiedot rekisteröintivaiheessa tiivisteinä. Äänestys tapahtuu tämän tutkimuksen ehdottamassa tavassa käyttämällä kolmea älysopimusta: äänestäjänsopimus, ehdokassopimus sekä äänestysopimus. Äänestäjänsopimuksella tarkastetaan, että äänestäjällä on äänioikeus. Ehdokassopimuksella asetetaan ehdolle ja listataan ehdokkaat. Äänestysopimuksella annettu ääni talletetaan ja tämä kuitataan käytetyksi veloittamalla äänestäjältä virtuaalinen kolikko. Tämä kolikko toimii myös annettuna äänenä vastaanottajan, eli ehdokkaan tilillä. Lisäominaisuutena äänestäjillä olisi mahdollisuus tarkistaa antamansa ääni äänestyksen päättymisen jälkeen, lisäten näin äänestyksen oikeellisuuden varmuutta. Alvin ym. mukaan heidän ehdottamansa prosessi olisi luotettavampi ja turvallisempi kuin nykyiset äänestyskäytännöt, mutta he myöntävät, että siinä olisi yhä parantamisen varaa. Myös tulosten tallettaminen pidemmälle aikavälille on heidän mukaansa kallista, sillä äänestystieto talletetaan vain lohkoketjuun.

Web 3.0-työkaluja voidaan käyttää myös oppimisessa ja sen tehostamisessa. Atabekova ym. (2015) tutkivat kuinka korkeakouluopiskelijat kokevat Google pohjaisten Web 3.0 työkalujen käytön yliopisto-opiskeluissa ja niiden vaikutusta heidän suoritukseensa tulevassa työelämässä. Tutkimuksessa huomattiin, että opintojen edetessä tutkimuksen kahden vuoden ajanjaksolla opiskelijoiden asenne web 3.0-pohjaisten työkalujen käyttöön opiskelussa muuttui selkeästi positiivisemmaksi. Tutkimuksen mukaan tämä

selittyi sillä, että työkalut ja niiden hyödyt tulivat käytön myötä opiskelijoille selkeämmiksi ja tutummiksi. Positiivista asennetta selittivät myös muut tutkimuksen tulokset: Google-pohjaisten Web 3.0-työkalujen käyttö akateemisien opintojen ohella auttoi opiskelijoita kehittämään muun muassa produktiivisia ja strategisia taitoja sekä kehitti heidän sosiaalisia kykyjensä. Web 3.0-työkalujen käyttö nähtiin hyödylliseksi myös Kurilovasin ym. (2014) tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin virtuaaliympäristössä tapahtuvan opettamisen potentiaalisia mahdollisuuksia verrattuna perinteisiin oppimismenetelmiin. He toteavat, että Web 3.0 lähestymistapa tarjoaa parempia mahdollisuuksia personalisoida oppimistapahtuma oppimistavoitteiden saavuttamiseksi.

Paajala ym. (2022) toteuttivat saman kaltaisen käyttäjien näkemyksiä tutkaileva tutkimuksen liittyen lohkoketjupohjaiseen pelaamiseen. Tutkimuksessa käytettiin mobiilipeliä, joka hyödyntää lohkoketjujen digitaalisia rahakkeita, engl. ”digital asset tokens” ja älysopimuksia. Tutkimukseen osallistuneet haastateltavat pelasivat tai katsoivat tutkimusta varten kehitettyä vuoropohjaista kilpa-ajopelin prototyyppiä. Pelin autojen ominaisuudet talletettiin lohkoketjuina ja pelaajien tilit toimivat älysopimusten avulla. He huomasivat, että vaikka osa haastatelluista ei pitänyt peliä mielenkiintoisena itsessään, he silti ilmaisivat halunsa pelata peliä uudestaan sen sisältämän lohkoketjuominaisuuden vuoksi.

Yksi tunnetuimmista lohkoketjuja hyödyntävästä termeistä on digitaalinen hallintatodistus, engl. ”non-fungible token, NFT”. Bonnet & Teuteberg (2023) tutkimuksessa tarkasteltiin kuinka lohkoketjuteknologiat mahdollistavat immateriaalioikeuksien suojaamisen ja valvomisen. He kertovat, että lohkoketjuja voidaan hyödyntää muun muassa luomaan todiste valmistamisesta, engl. ”proof of creation”, jossa valtuutettu taho voi aikaleimalla ja olemassaolon todisteella, engl. ”proof of existence”, rekisteröidä halutun asian sen valmistajalle. Tämä vastaa perinteisen omistajuuden todistetta valmistamisesta. NFT:tä on käytetty esimerkiksi digitaalisen taiteen omistajuuden osoittamiseksi sekä digitaalisten keräilyesineiden omistajuuden osoittamiseksi peleissä. Elektronisissa kirjoissa NFT:t ovat toimineet sopimuksina mitkä ovat mahdollistaneet automaattiset maksut kirjoittajille, kun teosta ostetaan. NFT:llä on mahdollista kaupallistaa digitaalista sisältöä aivan uudella tavalla. NFT:n ero kryptovaluuttaan verrattaessa on sen muuttumattomuus ja uniikkisuus. Murray ym. (2023) selventävät, että siinä missä kryptovaluutat voidaan jakaa osiin, esimerkiksi maksaa jollekin 0,2 Bitcoinia, NFT:t eivät ole jaettavissa. Vain yksi taho voi omistaa yhden NFT:n kerrallaan, eikä omistajuutta voida jakaa. Lisäksi NFT:tä on mahdollista seurata paljon tarkemmin kuin kryptovaluuttaa, sillä NFT voidaan ohjelmoida tallettamaan tietoja. Murray ym. pitävätkin NFT:tä tärkeänä askeleena digitaalisessa omistamisessa poistamalla tarpeettomat välikädet.

### 3.3.2 Teknologioiden käytännön sovellutusten ongelmat ja uhkat

Belozarov & Klimov (2022) tarkastelivat tutkimuksessaan semanttisen verkon ongelmia ja potentiaalisia kehitystapoja. Nykyisen verkon ongelmia ovat sen kaoottinen rakenne, sisällön muoto ja omistussuhteet, joissa sisällön tuottajat eivät omista tuottamaansa sisältöä, vaan se kuuluu kunkin verkkotunnuksen haltijalle. Sisällön muodolla tarkoitetaan, ettei nykyisen verkon sisältämä data ole koneiden ymmärrettävissä olevaa. He jatkavat, että vaikka semanttinen verkko implementoitaisiin täydellisesti, esiin nousevat ongelmat ovat saman tiedon kopiot eri attribuuteilla ja alkuperäisen tiedon tekijän identifioinnin mahdottomuus. Lisäksi ongelmana olisi tiedon haku. Käyttäjät ovat tottuneet nykyaikaisten hakukoneiden yksinkertaisuuteen eivätkä osaisi käyttää avointa hakukenttää niin monipuolisesti ja laajasti kuin se oikeasti olisi mahdollista.

Hakukentän sijaan käytettävä valintalaatikoiden sarja olisi puolestaan liian monimutkainen käyttäjälle käyttää ja ymmärtää. Tähän Belozarov & Klimov ehdottavat ratkaisuna graafista käyttöliittymää, jossa tietoa ilmennetään kuvaajien avulla. Semanttisen verkon kehitystyö on ollut hidasta ja yhdeksi tämän pääsystä on tunnustettu vallitseva ajatus siitä, että jokaisen tahon tulisi itsenäisesti rakentaa oma semanttinen graafi, eli verkko, joka edustaa tiedon semanttisia suhteita. García-Crespo ym. täydentävät, että rakenteellisten erojen lisäksi ongelmia aiheuttaa muoto, jossa tieto on tallennettu, sillä se ei ole koneiden ymmärrettävissä. Jotta koneet voisivat ymmärtää kaiken tiedon, sitä pitäisi prosessoida tai koneiden olisi käytettävä uudenlaisia prosessointitapoja ymmärtääkseen verkosta löytyvää tietoa.

Web3 ja Web 3.0 teknologioiden käytöllä on merkitystä myös ympäristöön. Chondrogianis ym. (2022) mukaan lohkoketjujen louhinnassa, PoW mekaniisilla, kuluu valtavia määriä energiaa. Ylimääräisiä valtavia määriä kuluu aivan turhaan, sillä moni yksikkö kilpailee yhtä aikaa kuka saa laskettuna ensimmäisenä vastauksen, ja muut jättävät ensimmäisen voittaessa työn kesken ilman minkäänlaista hyödynnettävissä olevaa lopputulosta. He kertovat, että vaihtamalla PoS mekaniisiiin, voidaan energiankulutusta vähentää, sillä aikaa ja energiaa käytetään vain menneiden tapahtumien varmentamiseen ja uuden lohkon valmistamiseen.

Agur ym. (2022) mukaan digitaaliset valuutat, jotka käyttävät PoW mekaniisiiia lohkoketjun lohkojen tilan varmistamiseksi ovat sekä energiasyöppöjä että paljon elektroniikkajätettä tuottavia. Esimerkiksi vuoden 2022 vuosittainen Bitcoinin energiankulutus oli Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index:in mukaan 107 terawattituntia. Vuoden 2023 kulutus oli tarkasteluhetkellä 68 terawattituntia. Elektroniikkajätettä PoW puolestaan tuottaa sen prosessointitehon tarpeen vuoksi, sillä komponentteja tulee päivittää sitä mukaa kun uusia tulee, jotta laskentateho säilyy huipussaan ja kilpailukykyisenä. Vries & Stoll (2021) kertovat, että keskimääräinen elinikä Bitcoin-louhintakoneelle onkin vain noin 1.3 vuotta, mikä tuottaa 30.7 kilotonnia elektroniikkajätettä vuodessa. Agur ym. jatkavat, että siinä missä PoW-mekaniisii kuluttaa yhtä tapahtumaa varten yli 100 kWh, muut kuin PoW-mekaniisiiit voivat kuluttaa jopa niinkin vähän kuin 0.0000001 kWh jokaista tapahtumaa kohti, mikä on vähemmän kuin perinteisten maksukorttien maksutapahtumat. Digitaalisten valuuttojen energiankulutus voi siis potentiaalisesti olla jopa ympäristöystävällisempää kuin perinteisten valuuttojen käyttö.

Guo & Yu (2022) tutkivat lohkoketjuteknologioiden turvallisuutta. He huomasivat, että lohkoketjuteknologiat ovat alttiita yhdeksälle kymmenestä vuoden 2017 OWASP Top 10 -listauksen verkkosovellusten turvallisuusriskeistä. OWASP säätiön sivuilla kerrotaan, että OWASP Top 10 -listaus koostuu organisaatioiden havaitsemista turvallisuusriskeistä, sekä verkkoturvallisuuden kanssa työskentelevien havainnoista. Listauksen mukaan kymmenen suurinta uhkaa verkkosovelluksille ovat injektio, rikkinäinen autentikointi, arkaluontoisten tiedon paljastuminen, toimimaton kulunvalvonta, turvallisuusasetusten virheellinen määrittäminen, engl. ”Cross-site scripting” eli XSS-hyökkäys, epäturvallinen hajautus, tiedetysti haavoittuvaisten komponenttien käyttö sekä riittämätön kirjaaminen ja monitorointi. Guo & Yu kuitenkin toteavat, että he eivät pidä näitä tarpeeksi kattavina, vaan lisäävät kymmenenneksi turvallisuusriskiksi lohkoketjuille ihmisten välinpitämättömyyden. He tutkivat tutkimuksessaan kahtakymmentäyhtä lohkoketjuihin kohdistunutta hyökkäystä ja ohjelmointivirhettä. He kategorisoivat nämä hyökkäykset ja haavoittuvuudet kuuden eri kategorian alle: verkkohyökkäykset, päätepelitelaitteiden turvallisuus, tahallinen väärinkäyttö, koodin haavoittuvuudet, tiedon suojaus ja ihmisen välinpitämättömyys. Koodin

haavoittuvuudet olivat yleisin syy hyökkäyksien onnistumiseen, sillä peräti neljätoista tutkituista tapauksista luokiteltiin kokonaan tai osaksi sen alle.

Truong ym. (2021) tutkimuksessa tutkittiin lohkoketjuihin perustuvien DAppseihin liittyvää ongelmaa: lohkoketjut itsessään olivat luotettavia, mutta niiden tarjoamiin palveluihin ei voi välttämättä luottaa, sillä ne valmistanut taho saattoi valmistaa ja tarjota DAppsit petollisilla tarkoituksilla. He tarjosivat tutkimuksessaan ratkaisuksi ongelmaan REK (engl. ”Reputation, Experience and Knowledge”, eli maine, kokemus ja tieto) -mallista johdetun korkean tason järjestelmämallin (engl. ”Decentralized, Experience, Reputation, DER” eli hajautettu, kokemus, maine), jossa luotettavuus hajautetussa ympäristössä voitiin laskea matemaattisin mallein lasketun kokemuksen ja maineen avulla. Kokemusta voidaan mitata Truongin ym. mukaan esimerkiksi datan hallinnoijan ja datan varastoijan välillä tapahtuvien tapahtumien mukaan. Kun tapahtumat ja toiminnot tapahtuvat laadukkaasti ja sovitusti, sekä säännöllisesti ja aktiivisesti, voivat kumpikin taho tai kolmas osapuoli arvostella tätä positiivisella palautteella. Maine lasketaan sen perusteella, millainen näkemys kustakin tahosta muulla yhteisöllä tapahtuneiden tapahtumien perusteella on. Truong ym. kuitenkin havaitsivat DER-mallissa potentiaalisia ongelmia. Mainetta on mahdollista manipuloida tekemällä valheellisia negatiivisia tai positiivisia arvioita arvioitavasta entiteetistä. He arvioivat, että arvostelun mahdollisuuden ollessa rajattu tapahtuneen tapahtuman taakse, näitä voidaan rajoittaa, muttei täysin sulkea pois. Sama vähentävä vaikutus on myös arvostelun painoarvon suuruuden liittämällä arvostelun antaneen tahon omaan maineeseen ja suoritettujen tapahtumien määrään. Truong ym. pitävät ehdottamansa mallia kuitenkin edistysaskeleena kohti luotettavampaa järjestelmää näistä ongelmista huolimatta, sillä he uskovat oikein toimivan enemmistön peittoavan väärin toimivan vähemmistön toimet.

Bonnet & Teuteberg (2023) listasivat immateriaalioikeuksia koskevassa tutkimuksessaan löydöksissään useita NFT:hin liittyviä ongelmia. Lakiin liittyvinä ongelmina he listaavat omistamisen määrittelemättömyyden lohkoketjujen yhteydessä, sillä NFT:n omistajuus ei ole lain silmissä sama asia kuin tekijänoikeus sekä haasteellisuuden haastaa oikeuteen tosita osapuolta lohkoketjujen anonymiteetin myötä. Epävarmuuteen liittyviä havaintoja ovat mahdottomuus valvoa onko lohkoketjuun talletettavan asia oikeasti sen tallettajan luoja, ja kuka kopioi tai tallentaa NFT-taidetta itselleen salaa. Yhtenä merkittävänä ongelmana he mainitsivat myös jo tässä tutkielmassa aiemmin mainitun ympäristöpuolen, lohkoketjut voivat olla todella epäympäristöystävällisiä, mutta toteavat myös, että tämän saralta olisi tehtävä lisää tutkimusta. Lisäksi lohkoketjujen monimutkaisuus, alustan omistajien mahdollisuus poistaa käyttäjien tilit estäen heidän pääsytensä NFT omaisuuteensa ja korkea riski toimia huijauksen välineenä ajaa pois potentiaalisia käyttäjiä ja tahoja.

## 4. Pohdinta

Tässä osuudessa käsittelen kirjallisuuskatsauksen tuottamaa tietoa ja pyrin vastaamaan tutkimuskysymyksiini: ”Mitä Web3 ja Web 3.0 ovat?”, ”Mitä teknologioita Web3 ja Web 3.0:n alle luokitellaan?”, ”Miten Web3 ja Web 3.0:n alle luokiteltuja teknologioita voidaan soveltaa?”, ”Mitä mahdollisuuksia Web3- ja Web 3.0 -teknologioiden soveltamisella on?” ja ”Mitä uhkia Web3- ja Web 3.0 -teknologioiden soveltamisella on?”.

Miksei käsitteitä Web3 ja Web 3.0 ole määritelty täsmällisesti? Aikaisemman tutkimuksen ja internet-artikkeleiden perusteella voidaan todeta, ettei yhteneväistä määritelmää näille käsitteille ole vielä olemassa. Eri lähteissä näitä käsitteitä käytetään sekä synonyymina että täysin toisistaan eroavina konsepteina. Osassa lähteistä näitä myös määriteltiin täysin päinvastaisesti kuin toisissa lähteissä. Kuten lähteiden tuoreudesta voidaan päätellä, nämä käsitteet ovat melko uusia. Käsite Web 3.0 syntyi vuonna 2006 ja Web3 vasta kahdeksan vuotta myöhemmin.

Yhteneväisyys näiden käsitteiden määrittelyssä oli niiden merkitys kuvaamassa ajanjaksoa. Web3 ja Web 3.0:n ajatellaan edustavan verkon uutta vaihetta. Se mitä teknologioita tähän ajanjaksoon sisältyy, on yhä määrittämättä. Yksi tutkimus kuitenkin pyrki jo vastaamaan näihin kysymyksiin. Liu ym. (2022) tutkimus ”*Make Web3.0 Connected*” pyrki valmistelemaan ensimmäisen akateemisen määritelmän Web 3.0-käsitteelle. Tämä tutkimus määritteli hyvin mistä Web 3.0 voisi potentiaalisesti pohjimmiltaan koostua ja mielestäni he poimivat onnistuneesti sen tärkeimmän ytimen tämän ajanjakson teemasta: vahvistettavuus. Tämä toimii hyvin hajautetuissa teknologioissa, mutta on vielä vaikea kysymys semanttisissa verkoissa, tiedon vahvistamattomuuden ollessa semanttisen verkon yksi isoimmista ongelmista. Mutta yhdistelemällä teknologioita, esimerkiksi NFT voisi olla vastaus semanttisen verkon ongelmaan, jossa tiedon oikean omistajan jäljittäminen voi olla vaikeaa.

Luotettavuus on nähdäkseni yksi tärkeimmistä aspekteista nykyhetken ja tulevaisuuden verkkoteknologioissa. Ihmisille on tärkeää, että he voivat luottaa tietojen ja tapahtumien olevan oikeellisia. Esimerkiksi pankin asiakkaan on voitava luottaa, että pankin maksutapahtumat ovat oikeellisia eivätkä rikolliset tahot pääse muokkaamaan tietoja. Tai jos lohkoketjuja aletaan käyttämään esimerkiksi äänestämiseen, tavallisten teknologiasta ymmärtämättömien ihmistenkin on voitava olla varmoja ja luottavaisia, että teknologia toimii miten pitääkin kansalaisten ja vaalisalaisuuden suojelemiseksi.

Muissakin tutkimuksissa kaikista yleisimmin esiin nousivat lohkoketjut ja hajautettu verkko sekä semanttinen verkko. Semanttinen verkko on idean tasolla iästään huolimatta vasta nyt potentiaalisesti toteutettavissa oleva verkon taso teknologian vihdoin ollessa tarpeeksi edistynyt. Näiden teknologioiden käytännönsovellutuksia ollaan vasta kehittämässä ja innovoinnille löytyy tilaa. Ensimmäisenä yleiseen tietoisuuteen nousseet kryptovaluutat ja NFT:t saattavat olla vain ohi kiitävä trendi, mutta niiden toimintaperiaate on mahdollisesti iso osa sitä, miten käytämme verkkoa tulevaisuudessa. Ne voivat potentiaalisesti toimia sekä hyödyllisenä teknologiana että viihteenä. Kuten tutkimuksessa, jossa lohkoketjuja käytettiin mobiilipelissä, havaittiin, voi ihmisten kiinnostus lohkoketjuteknologioita kohtaan olla myös syntynyt pelkästään



siitä, että ne ovat ideana kiinnostavia. Ehkä siksi, että teknologia on vielä uutta eikä se ole vielä arkipäiväistynyt.

Semanttinen verkko pystyisi uudistamaan tiedon säilönnän, käsittelyn ja haun. Yritykset pystyisivät käsittelemään nopeammin suurempia määriä dataa ja tarjota parempia palveluita ja tuotteita kuluttajille. Jos semanttinen verkko saavuttaisi sen kehittäjän alkuperäisen suunnitelman siitä, että semanttisessa verkossa kaikki koettu olisi haettavissa, voitaisiin saavuttaa uudenlainen tapa elää uudelleen aiemmin koettua, tai jopa oppia uutta muiden kokemuksista. Esimerkiksi jo joistain puhelimesta löytyvä ominaisuus, jolla tuhansien itse otettujen kuvien joukosta voi löytää koneälyn generoimilla hakusanoilla haluamansa kuvan, on yksinkertaistettu esimerkki tällaisista sanan kirjaimelliseen merkitykseen sidoksissa olemattomasta hausta. Myös semanttisen verkon idea siitä, että tieto olisi vapaasti jaettavaa eikä se olisi sidoksissa vain alkuperäiseen sijoituspaikkaan on jo omalla tavallaan olemassa oleva trendi. Esimerkkinä suurimmat pilvipalveluita tarjoavat yritykset, kuten Google. Google tarjoaa tilin, jota voi käyttää monessa eri palvelussa ja tällä tavoin tiettyssä määrin jakaa tietoa eri sovellusten rajojen yli. Tähän sisältyy myös Googlen monet eri palvelut. W3C:n kertoma esimerkki kalenterista, jossa päivää painamalla voi nähdä silloin otetut kuvat on jo osaltaan muun muassa Googlen tapaisten palveluntarjoajien tarjoamissa palveluissa. Käyttäjä voi hakea valokuvasovelluksesta päivämäärän ja nähdä tuolloin otetut kuvat ja jopa paikat, joissa tuolloin on vierailut.

Uudet teknologiat tuovat valitettavasti mukanaan myös potentiaalisia uhkia. Nämä uhkat voivat hidastaa Web3 ja Web 3.0 teknologioiden kehittymistä ja laajamittaista käyttöönottoa. Yhtenä suurena uhkana on ympäristö. Planeettamme on jo nyt ylittänyt kantokykynsä, mutta keksimme silti uusia tapoja rasittaa sitä vielä vähän lisää. Jos lainsäädäntöä ja säädöksiä ei saada kuntoon rajoittamaan miten energiaa näihin teknologioihin käytetään, voivat PoW:n tapaiset toimintamallit kuluttaa hallitsemattomasti luonnonvaroja ilman, että kukaan voi sille mitään. Nämä uudet teknologiat voivat myös tarjota ratkaisun keventämällä tietojen käsittelemiseen kuluva energiaankulutusta. Esimerkiksi PoS mekanismit kryptovaluutoissa tarjoavat jopa nykyisiä perinteisiä maksutapoja energiatehokkaampaa maksuliikennettä ja semanttisten hakukoneiden parempi suorituskyky ja -nopeus vähentää aikaa minkä laitteet joutuvat käsittelemään dataa näin ollen vähentäen kuinka paljon energiaa kyseiseen toimenpiteeseen kuluu. Lisäksi näiden teknologioiden monimutkaisuus ja käyttö rikollisuudessa ja huijauksissa hidastaa näiden teknologioiden käyttöönottoa, sillä nämä riskit tekevät näistä teknologioista vähemmän houkuttelevia ja jopa luotaan työntäviä. Vaikka itse teknologiat saataisiin hiottua huippuunsa täysin turvallisina ja varmoina tapoina tallettaa tietoa ja suorittaa toimintoja, niihin liittyy yhä niiden riski toimia väärinkäytön välineenä. Tätä on jo ajateltu ja tätä varten on esimerkiksi Truong ym. tutkimuksessa koitettu ehkäistä heidän esittämällään mallilla. Tällaisia malleja ja niiden tutkimusta tarvitaan kuitenkin lisää, jotta mahdollisimman turvallinen ympäristö on mahdollista saavuttaa. Toisaalta tällainen turvallinen ympäristö voi kuitenkin tuoda mukanaan riskin sille, että rajoitusten ja tarkkailun myötä hajautettujen teknologioiden riippumattomuus kohdennetuista alustoista ja toimijoista muuttuukin nykyisten teknologioiden tapaiseksi riippuvuudeksi ja hallittavuudeksi isojen toimijoiden taholta. Raja liiallisen kontrollin ja tarpeellisen turvallisuuden välillä onkin hyvin hento. Tästä esimerkkinä Applen sovelluskauppaan rajoitettu sovellusten hankinta iOS-laitteille, joka tekee ympäristöstä suljetun ja rajoitetun ja tästä syystä paljon kritisoidun, mutta myös paljon kiitellyn sen tuoman paremman turvallisuuden myötä.

Yhtenä tekijänä sille, miksi lohkoketjuteknologioita ei välttämättä olla tämänhetkisten datajättien johdolla kehittämässä, on niissä heille piilevä riski menettää äärettömän

arvokkaan tulonlähteensä: tiedon ihmisistä. Ragnedda & Destefanis mainitsevat, että sosiaaliset mediat tekevät tuottonsa ihmisten tiedolla. Tämän lisäksi myös esimerkiksi mainostusta varten kerättävä käyttäytymistieto on monille dataan keskittyville yrityksille tärkeää. Tämän varjolla tuntuisi siis järkevälle tällaisella toiminnalla tuoton tekevänä yrityksenä jopa vastustaa hajautettua verkkoa kohti siirtymistä. Sillä tämä voi potentiaalisesti johtaa yrityksen kaatumiseen. Sama ajatus voi koskea myös valtioita, jotka tarkkailevat ja rajaavat sitä, miten heidän kansalaisensa käyttävät verkkoa. Tällaisten teknologioiden voidaan nähdä olevan uhka sille, miten nämä valtiot toimivat.

Vaikka Web3- ja Web 3.0 -teknologiat vaihtelevat sen mukaan keneltä kysytään, niissä on silti vahvat yhtäläiset piirteet. Tieto on hajautettua ja jaettua eikä sillä ole yhtä valtavaa organisaatiota omistajanaan, vaan tieto on joko kaikkien tai useiden yksittäisten tahojen omistamaa. Web3 ja Web 3.0 ajanjaksona ja teknologioineen tarjoavat paljon uudennlaisia mahdollisuuksia sille, miten toimimme verkossa ja miten käytämme verkkoa jokapäiväisessä arjessamme. Jos uhkiin ja riskeihin suhtaudutaan ja varaudutaan oikein, nämä teknologiat voivat olla mukana luomassa paremmin toimivaa yhteiskuntaa. Guidon & Pierren vuonna 1995 julkaistua tutkimusta lukiessa tulee mieleen, että miten hassulta tuleekaan tämän päivän näkemys Web 3.0:sta näyttämään tulevaisuudessa. Web3 ja Web 3.0 voivat olla askel parempaan maailmaan, tai ne voivat jäädä historiaamme aikana, jolloin otimme harha-askeleita uuden ja kiinnostavan teknologian perässä, joka ei kuitenkaan ollut kannattava sijoitus tulevaisuuttamme ajatellen. Tai se jää taakse vain yhtenä lyhyenä pöhinän ajanjaksona ennen oikeaa teknologista harppausta. Ja kuten Molly White totesi Web Summit 2022 -tapahtumassa: *”The thing about a term like ‘Web3’ is, you don’t necessarily know what it is until it’s happened”*, eli: emme välttämättä tiedä mitä jokin käsite, kuten Web3, tarkoittaa, ennen kuin se on tapahtunut.

## 5. Johtopäätökset

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin mitä käsitteillä Web3 ja Web 3.0 yleisesti tarkoitetaan. Niiden käsittely alkaa historiasta, Web 1.0:sta ja Web 2.0:sta, jotka ovat käsitteinä Web3:n ja Web 3.0 edeltäjiä kuvaamassa verkon kehittymisen eri vaiheita. Web 1.0 oli verkko, joka toimi vain yhteen suuntaan ja toimi passiivisena tiedon välittäjänä julkaisijoille kuten uutistoimistot ja yritykset, jotka julkaisivat katalogejaan (Gosztonyi, 2022). Web 2.0 toi mukanaan interaktiivisen verkon, jossa käyttäjät pääsivät vuorovaikuttamaan sisällön kanssa ja lisäämään omaa sisältöään muuttaen käyttäjien roolin pelkästä sisällön kuluttajasta sisällön massatuottajaksi (Gosztonyi, 2022).

Web3 ja Web 3.0 käsitteitä ei ole määritelty tarkasti, sillä niiden tarkoituksesta ei ole omaa yhteneväistä konsensusta. Mutta niille yhteistä on se, että niillä kuvataan Web 2.0 jälkeen seuraavaa aikaa. Sisälsi se sitten semanttisen verkon (Kurilovas ym. 2013) tai hajautetun verkon ja lohkoketjut (Liu ym., 2022). Verkon kolmas vaihe sisältää uusia teknologioita, jotka auttavat parantamaan yhteiskunnan toimintoja, yritysten toimintaa ja yksilöiden tapaa olla yhteydessä toisiinsa. Semanttiset verkot parantavat hakukoneiden toimintaa ja tietokantojen tiedonkäsittelyä (Janev & Vraneš, 2011). Lohkoketjut tarjoavat uudenlaisia tapoja suorittaa vanhoja tuttuja toimintoja, kuten äänestämisen (Alvin ym., 2020), terveysvakuutusten solmiminen (Chondrogiannis ym., 2022), korkeakoulutason opetuksen järjestäminen (Atabekova ym., 2015), sekä immateriaalioikeuksien valvomisessa (Bonnet & Teuteberg, 2023). Lohkoketjujen käytön todettiin näissä tutkimuksissa voivan tarjota uudenlaista luotettavuutta ja läpinäkyvyyttä, mitä niitä edeltävillä teknologioilla ei ole mahdollista saavuttaa, sekä mahdollisuutta personoida ja kohdentaa toimintoja uudella tavalla yksilötasolla. Myös uudenlaiset organisaatiot, DAO:t tuovat mukanaan pienillekin toimijoille mahdollisuuden luoda organisaatioita ja yhteisöjä aikaisempaa helpommin ja turvallisemmin (Rikken ym., 2023)

Uusissa teknologioissa on myös uhkia ja huonoja puolia. Niiden energiankulutus ja elektroniikkajätteen tuotto voi uhata ympäristöä tietoteknologiana täysin uusilla tavoilla (Agur ym., 2022). Näitä vaikutuksia on kuitenkin mahdollista vähentää käyttämällä energiatehokkaampia toimintamalleja, kuten korvaamalla PoW-mekaniikka PoS-mekaniikalla esimerkiksi kryptovaluuttojen toimintamalleissa (Chondrogiannis ym., 2022). Ongelmia on myös näiden uusien teknologioiden ominaisuuksissa. Vaikka lohkoketjujen teknologia on itsessään luotettavaa sen teknisten ominaisuuksien myötä, ovat ihmiset tahattomien virheidensä ja huolimattomuutensa (Guo & Yu, 2022) ja tarkoituksellisen petollisuuden vuoksi toimillaan suuri uhka tämän teknologian turvallisuudelle (Truong ym., 2021). Ihmisten aiheuttamien ongelmien lisäksi myös puutteellinen lainsäädäntö luo ongelmia lohkoketjuteknologioiden soveltamiselle ja ihmisten lainsuojalle (Bonnet & Teuteberg, 2023).

## Lähteet

- Aghaei S., Nematbakhsh M. A., Farsani H. K., (2012). Evolution Of The World Wide Web: From Web 1.0 To Web 4.0. *International Journal of Web & Semantic Technology*, 3(1). <https://airccse.org/journal/ijwest/papers/3112ijwest01.pdf>
- Agur I., Deodoro J., Lavayssière X., Martinez Peria S., Sandri D., Tourpe H., Villegas Bauer G., (2022) Digital Currencies and Energy Consumption. *Fintech Notes*, 6. <https://www.imf.org/en/Publications/fintech-notes/Issues/2022/06/07/Digital-Currencies-and-Energy-Consumption-517866>
- Alvi S., T., Uddin M. N., Islam L., Ahamed S., (2022). DVTChain: A blockchain-based decentralized mechanism to ensure the security of digital voting system voting system. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(9), 6855-6871. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2022.06.014>
- Atabekova A., Belousov A., Shoustikova T., (2015). Web 3.0-Based Non-formal Learning to Meet the Third Millennium Education Requirements: University Students' Perceptions, *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 214, 511-519. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.754>
- AWS (Julkaisuaika tuntematon) Haettu 18.07.2023 osoitteesta [https://aws.amazon.com/what-is-cloud-computing/?nc1=f\\_cc](https://aws.amazon.com/what-is-cloud-computing/?nc1=f_cc)
- Balis J., (03.01.2022) *How Brands Can Enter the Metaverse*. <https://hbr.org/2022/01/how-brands-can-enter-the-metaverse>
- Belozerov, A.A., Klimov, V.V., (2022). Semantic Web Technologies: Issues and Possible Ways of Development. *Procedia Computer Science*, 213, 2022, 617-622. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.11.112>
- Berners-Lee T., Cailliau R., Luotonen A., Nielsen H. F., (1994) A. Secret, The World-Wide Web. *Communications of the ACM*, 37(8). <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/179606.179671>
- Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O., (2001). *The Semantic Web: A New Form of Web Content That is Meaningful to Computers Will Unleash a Revolution of New Possibilities*. ScientificAmerican.com. [https://www.researchgate.net/publication/225070375\\_The\\_Semantic\\_Web\\_A\\_New\\_Form\\_of\\_Web\\_Content\\_That\\_is\\_Meaningful\\_to\\_Computers\\_Will\\_Unleash\\_a\\_Revolution\\_of\\_New\\_Possibilities](https://www.researchgate.net/publication/225070375_The_Semantic_Web_A_New_Form_of_Web_Content_That_is_Meaningful_to_Computers_Will_Unleash_a_Revolution_of_New_Possibilities)
- Bonnet S., Teuteberg F., (2023). Impact of blockchain and distributed ledger technology for the management of the intellectual property life cycle: A multiple case study analysis. *Computers ins Industry*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103789>
- Bush V., (Heinäkuu 1945). *As We May Think*. <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1945/07/as-we-may-think/303881/>

- Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (Julkaisuaika tuntematon) Haettu 15.07.2023 osoitteesta <https://ccaf.io/cbnsi/cbeci>
- Chakrabarti S., Srivastava S., Subramanyam M., Tiwari M., (2000). Using Memex to archive and mine community Web browsing experience. *Computer Networks*, 33(1–6), 669-684, [https://doi.org/10.1016/S1389-1286\(00\)00081-5](https://doi.org/10.1016/S1389-1286(00)00081-5)
- Chalopin, J., Trehan R., (18.8.2022). *A Brief History of Web 3.0*, DeltecBank. <https://www.deltecbank.com/2022/08/18/a-brief-history-of-web-3-0/?locale=en>
- Chondrogiannis E., Andronikou V., Karanastasis E., Litke A., Varvarigou T., (2022). Using blockchain and semantic web technologies for the implementation of smart contracts between individuals and health insurance organizations. *Blockchain: Research and Applications*, 3(2). <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2021.100049>
- De Vries A., Christian Stoll C., (2021). Bitcoin's growing e-waste problem. *Resources, Conservation and Recycling*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105901>.
- García-Crespo Á., Gómez-Berbís J. M., Colomo-Palacios R., García-Sánchez F., (2011). Digital libraries and Web 3.0. The CallimachusDL approach. *Computers in Human Behaviour*, 27(4), 1424-1430. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.07.046>
- Gosztonyi, G. (2022). Aspects of the History of Internet Regulation from Web 1.0 to Web 2.0. *Journal on European History of Law*, 13(1), 168–173. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=157539213&site=ehost-live&scope=site>
- Guidon, J., Pierre S., (1995). Hypertext and hypermedia for the production and utilization of interactive and distributed documents. *Telematics and Informatics*, 12(2) 111-123, [https://doi.org/10.1016/0736-5853\(95\)00005-R](https://doi.org/10.1016/0736-5853(95)00005-R)
- Guo H., Yu X., (2022). A survey on blockchain technology and its security. *Blockchain: Research and Applications* 3(2). <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2022.100067>
- Hall W., Tiropanis T., (2012). Web evolution and Web Science. *Computer Networks*, 56(18), 3859-3865. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.10.004>
- Janev V., Vraneš S., (2011) Applicability assessment of Semantic Web technologies. *Information Processing & Management*, 47(4), 507-517. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2010.11.002>
- Johnston, D., Yilmaz, S. O., Kandah, J., Benteinitis, N., Hashemi, F., Gross, R., Mason, S. (2014). The General Theory of Decentralized Applications, DApps. <https://cryptochainuni.com/wp-content/uploads/The-General-Theory-of-Decentralized-Applications-DApps.pdf>
- Kurilovas E., Kubilinskiene S., Dagiene V., (2014). Web 3.0 – Based personalisation of learning objects in virtual learning environments. *Computers in Human Behavior*, 30, 654-662. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.039>
- Liu Z., Xiang Y., Shi J., Gao P., Wang H., Xiao X., Wen B., Li Q., Hu Y.-C., (2022). Make Web3.0 Connected, *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing* 19(5), 2965-2981. <https://doi.org/10.1109/TDSC.2021.3079315>

- Murray A., Kim D., Combs J., (2023). *The promise of a decentralized Internet: What is web 3.0 and HOW can firms prepare?*, Business Horizons.  
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2022.06.002>
- Murray, A., Kuban, S., Josefy, M., Anderson, J. (2019). Contracting in the Smart Era: The Implications of Blockchain and Decentralized Autonomous Organizations for Contracting and Corporate Governance. <https://doi.org/10.5465/amp.2018.0066>
- Newman R., Chang V., Walters R. J., Wills G. B., (2016). Web 2.0—The past and the future. *International Journal of Information Management*, 36(4), 591-598,  
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.03.010>
- O'Reilly T., (30.09.2005) *What Is Web 2.0*.  
<https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>
- Odlyzko A., (2012). Web history and economics. *Computer Networks*, 56(18), 3886-3890. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2012.10.011>
- OWASP Top 10 (Julkaisuaika tuntematon) *Top Ten Data Driven (partially)*. Haettu 10.07.2023 osoitteesta <https://www.owasptopen.org/thedata>
- Paajala, I., Nyssölä, J., Mattila, J., Karppinen, P. (2022) Users' Perceptions of Key Blockchain Features in Games. *Future Internet* 2022, 14(11), 321. <https://doi.org/10.3390/fi14110321>
- Ragnedda M., Destefanis G., (2020). *Blockchain and Web 3.0*, Routledge, Taylor & Francis Group.
- Rikken O., Janssen M., Kwee Z, (2023/In press) The ins and outs of decentralized autonomous organizations (DAOs) unraveling the definitions, characteristics, and emerging developments of DAOs. *Blockchain: Research and Applications*.  
<https://doi.org/10.1016/j.bcra.2023.100143>
- Slumkoski C., (2012) History on the Internet 2.0: The Rise of Social Media, *Acadiensis*, 41(2), 153-162.  
<https://journals.lib.unb.ca/index.php/acadiensis/article/view/20073/23093>
- Solanki M. R., Dongaonkar A., (2016). A Journey of Human Comfort: Web 1.0 to Web 4.0. *International Journal of Research and Scientific Innovation*, 3(4), 75 – 78.  
<https://www.rsisinternational.org/IJRSI/Issue31/75-78.pdf>
- Truong N., Lee G. M, Sun K., Guitton F., Guo Y., (2021). A blockchain-based trust system for decentralised applications: When trustless needs trust. *Future Generation Computer Systems*, 124, 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.05.025>
- W3 (Julkaisuaika tuntematon) Haettu 14.07.2023 osoitteesta  
<https://www.w3.org/2001/sw/>
- White M., (8.11.2022). *Is Web3 bullshit?*, *Web Summit 2022* [Video]. YouTube.  
[https://youtu.be/AGslIEF7w\\_g](https://youtu.be/AGslIEF7w_g)
- Wood G., (29.11.2021). *The Father of Web3 Wants You to Trust Less*, Wired.  
<https://www.wired.com/story/web3-gavin-wood-interview/>