

Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet toimitusketjun hallinnassa

**The potential of blockchain technology in supply chain
management**

Kandidaatintyö

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Miro Lähde	
Työn nimi: Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet toimitusketjun hallinnassa	
Vuosi: 2020	Paikka: Lappeenranta
Kandidaatintyö. LUT-yliopisto, Tuotantotalous. 36 sivua, 5 kuvaa Tarkastaja(t): Annastiina Rintala	
Hakusanat: Lohkoketju, lohkaketjuteknologia, toimitusketju, toimitusketjun hallinta, esineiden internet	
Keywords: Blockchain, blockchain technology, supply chain, supply chain management, internet of things	
<p>Lohkoketjuteknologia on kerännyt paljon huomiota tuomalla esille vaihtoehtoisia tapoja ratkaista nykypäivän ongelmia. Hajautettu tiedonjakaminen, jonka pystyy tekemään täysin läpinäkyvästi ja luotettavasti on luonut kiinnostusta niin yksityisissä ihmisissä kuin myös yritysmaailmassa.</p> <p>Yksi lohkaketjuteknologian monista sovelluksista on sen hyödyntäminen toimitusketjun hallinnassa, johon tässä kandidaatintyössä keskitytään. Tutkimuksen kohteena on tarkastella yhteyttä lohkaketjujen ja toimitusketjun hallinnan haasteiden välillä ja löytää ongelmakohtia, joihin kyseisen teknologian soveltaminen olisi kannattavaa.</p> <p>Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet toimitusketjun hallinnassa ovat monipuoliset, mutta monessa tapauksessa sen käyttöönotosta saadaan eniten hyötyä yhdistämällä lohkaketju tukemaan muita nykyaikaisia teknologioita, kuten IoT -laitteita. Hyödyntäminen vaatii myös organisaatioilta kykyä ja resursseja muodostaa tarvittava IT -infrastruktuuri toiminnan mahdollistamiseksi.</p>	

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	2
1.2	Menetelmät, rajaukset ja rakenne	3
2	LOHKOKETJUTEKNOLOGIA	5
2.1	Teknologian tausta ja double-spending -ongelma	5
2.2	Toimintaperiaate	7
2.3	Keskeiset ominaisuudet.....	8
2.4	Älysopimukset	9
3	TOIMITUSKETJUN HALLINTA	11
3.1	Toimitusketjut.....	11
3.2	Ominaisuudet ja haasteet.....	11
	3.2.1 Seurantajärjestelmät.....	12
	3.2.2 Kustannukset	12
	3.2.3 Luottamus.....	13
	3.2.4 Käytännön esimerkkejä.....	13
4	TOIMITUSKETJUN HALLINTA JA LOHKOKETJUT	16
4.1	Toiminnan seuranta, tallentaminen ja varmistaminen	17
4.2	Jäljitettävyys ja läpinäkyvyys.....	19
4.3	Älysopimuksien käyttö.....	20
4.4	Haasteet	20
5	YRITYSESIMERKKI - MODUM	22
5.1	Yritysesittely.....	22
5.2	Tuotteet ja palvelut	22
6	TULOKSET.....	25

6.1	Vaikutukset seurantajärjestelmiin.....	25
6.2	Vaikutukset kustannuksiin	25
6.3	Vaikutukset luottamukseen	26
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	27
8	LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Lohkoketjuteknologia nousi esille ensimmäisen kerran vuonna 2008, kun sitä hyödynnettiin Bitcoin- kryptovaluutan transaktiolokina. Tämän jälkeen lohkoketjut ovat herättäneet yhä suurempaa kiinnostusta nousten 2017 laajaan tietouteen, kun sana ”Bitcoin” oli koko vuoden toiseksi trendikkäin sana Google Trends:n ”Global News”- osiossa (Google Trends, 2019). Lohkoketju jää teknologiana monesti Bitcoinin arvon spekuloinnin varjoon, vaikka sen hyödyntäminen on mahdollista hyvinkin laaja-alaisesti valuuttojen ulkopuolellakin.

Yksinkertaisimmillaan lohkoketju on transaktioiden dokumentointiin käytettävä tietokanta. Tämä eroaa perinteisistä ratkaisuista siinä, että ”loki” on mahdollista hajauttaa globaalisti. Laaja-alainen tiedon hajauttaminen poistaa tarpeen luottamisesta esimerkiksi keskitettyyn tahoon tai johonkin kolmanteen osapuoleen tiedon vahvistamisessa, hallitsemisessa, säilyttämisessä tai välittämisessä (Underwood, 2016). Vastuu verkoston ylläpitämisestä on jaettu kaikille osallistuville osapuolille ja se mahdollistaa täyden läpinäkyvyyden. Tiedon vääristäminen muuttuu hyvin vaikeaksi, koska jokainen transaktio systeemissä vahvistetaan perustuen enemmistön yksimielisyyteen. Tallennettua tietoa ei pysty jälkeen päin poistamaan, joten lohkoketju sisältää vahvistettavissa olevan tiedon kaikista siihen koskaan tehdyistä transaktioista (Crosby et al., 2016).

Käytännössä lohkoketjut mahdollistavat aiemmin luottamukseen perustuvien keskitettyjen systeemien toimimisen hajautetussa ympäristössä, jossa vastuu datan oikeellisuudesta on jaettu kaikkien osapuolien kesken, toiminnallisuuden ja varmuuden pysyessä samalla tasolla. Tämä ei ole ollut aikaisemmin mahdollista ja sen takia lohkoketjujen hajautettua yhteisymmärrysmallia on kuvailtu tärkeimmäksi keksinnöksi itse internetin keksimisen jälkeen (Crosby et al., 2016).

Lohkoketjujen transaktiot eivät ole rajoitettuja pelkästään tiedon siirtämiseen maksuinfrastruktuureissa. Yhdysvaltalainen konsulttiyhtiö McKinsey & Company on jakanut käyttökohteet kuuteen selvästi erotettavaan kategoriaan, jotka ovat staattinen rekisteri, identiteetti, älysopimukset, dynaaminen rekisteri, maksuinfrastruktuuri ja muut (Carson et al., 2018). Transaktiot voivat sisältää siis mitä vaan, jonka siirtämisellä on arvoa. Kaikki tuotteet

tai data, jotka voidaan digitalisoida, on mahdollista kuljettaa ketjussa. Näitä voi olla esimerkiksi erilaiset dokumentit, todistukset, rekisterit tai arkistot (Chapron, 2017).

1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on selvittää, millä tavoin lohkoketjuteknologiaa voidaan hyödyntää toimitusketjun hallinnassa. Työssä selvitetään mahdollisia sovelluskohteita, joiden toteuttamisesta lohkoketjuilla voitaisiin saada positiivisia tuloksia. Työssä pyritään myös huomioimaan minkälaista osaamista ja panostamista lohkoketjujen tuloksellinen käyttöönotto vaatisi organisaatiolta sekä minkälaisissa tilanteissa käyttöönottamista kannattaa lähtökohtaisesti lähteä harkitsemaan. Kandidaatintyöllä pyritään vastaamaan pääkysymykseen sekä neljään osakysymykseen.

Päätutkimuskysymys:

- Millaiset ovat lohkoketjuteknologian mahdollisuudet toimitusketjun tukena?

Osatutkimuskysymykset:

1. Mitä lohkoketjuteknologialla tarkoitetaan yleisesti?
2. Mitä ongelmia lohkoketjut voisivat poistaa?
3. Minkälaisen toimintaympäristön lohkoketjujen hyödyntäminen vaatisi?

1.2 Menetelmät, rajaukset ja rakenne

Kandidaatintyö toimii kirjallisuuskatsauksena tutkimusalueen aihepiiristä. Työssä hyödynnetään lohkoketjuja, toimitusketjun hallintaa sekä nykyisiä sovelluksia käsittelevää kirjallisuutta ja tieteellisiä artikkeleita. Lisäksi työhön on koottu esimerkkejä käytännön tilanteista, joissa työssä käsiteltävillä teknologioilla voitaisiin tuottaa lisäarvoa.

Työn aihepiiri on rajattu lohkoketjuteknologian mahdollisiin käyttötarkoituksiin toimitusketjun hallinnassa. Lohkoketjuteknologiasta selvitetään työn aiheen kannalta merkittävimmät ominaisuudet, jotka osaksi vaikuttavat työn tuloksiin ja ovat siksi merkittävässä asemassa aiheen kannalta. Työssä käsitellään myös kyseisen teknologian käyttöönoton vaatimuksia ja siitä saatavaa arvoa. Tässä työssä keskitytään lohkoketjujen mahdollisuuksiin dynaamisena rekisterinä, mutta muitakin käyttökohteita otetaan huomioon tapauksissa, joissa ne toimivat vain yhtenä osana kokonaistoiminnallisuutta.

Työn toisessa kappaleessa perehdytään lohkoketjuteknologiaan ja sen taustoihin. Työn kannalta keskeinen teoria sisältää yleisiä toimintaperiaatteita, keskeisiä ominaisuuksia ja haasteita. Tavoitteena on antaa lukijalle yleinen kuva lohkoketjuista, vaikka aikaisempaa tietoutta aiheesta ei olisikaan. Kolmannessa kappaleessa syvennyttään tarkastelemaan toimitusketjuja ja niiden hallintaa. Tarkastelussa keskitytään yleisen teorian jälkeen ominaisuuksiin ja haasteisiin. Haasteista on nostettu erityisesti esille ne, joita olisi mahdollista poistaa tai kehittää lohkoketjuteknologian avulla. Neljännessä kappaleessa näitä aiheita tarkastellaan yhdessä. Tavoitteena on tuoda esille erilaisia keinoja, joiden kautta löydettyjä haasteita pystytään kehittämään. Kappaleessa sivutaan myös aiheen kannalta tärkeitä teknologioita, jotka pystytään rinnastamaan lohkoketjujen toiminnan kanssa.

Viidennessä kappaleessa tarkastellaan aihetta esimerkkiyrityksen kautta. Yrityksen taustojen selvittämisen jälkeen keskitytään sen kehittämiin tuotteisiin ja palveluihin, joita käytetään nykyään tehostamaan asiakasyrityksien toimitusketjuja. Kappaleen lopussa yrityksen ratkaisuihin perehdytään tarkemmalla tasolla.

Työssä esille tulleiden asioiden vaikutuksia kootaan kuudennessa kappaleessa työn tuloksiksi. Kappaleessa tuodaan esille mahdollisia vaikutuksia, joita käsiteltyjen teknologioiden käyttöönottamisella tulisi olemaan yrityksen toimintaan. Seitsemännessä kappaleessa eli ”johtopäätökset ja yhteenveto”, tiivistetään työn tulokset sekä annetaan vastaukset tutkimuskysymyksiin.

Työtä ei rajata vain yhdelle toimialalle eli aihetta tarkastellaan kokonaisuudessaan. Tarvittaessa tekstissä on tehty toimialakohtaista pohdintaa, jos tarkasteltava aihe on sitä vaatinut. Työssä on myös toimialakohtaisia esimerkkejä, jotka on ilmoitettu esimerkin yhteydessä.

2 LOHKOKETJUTEKNOLOGIA

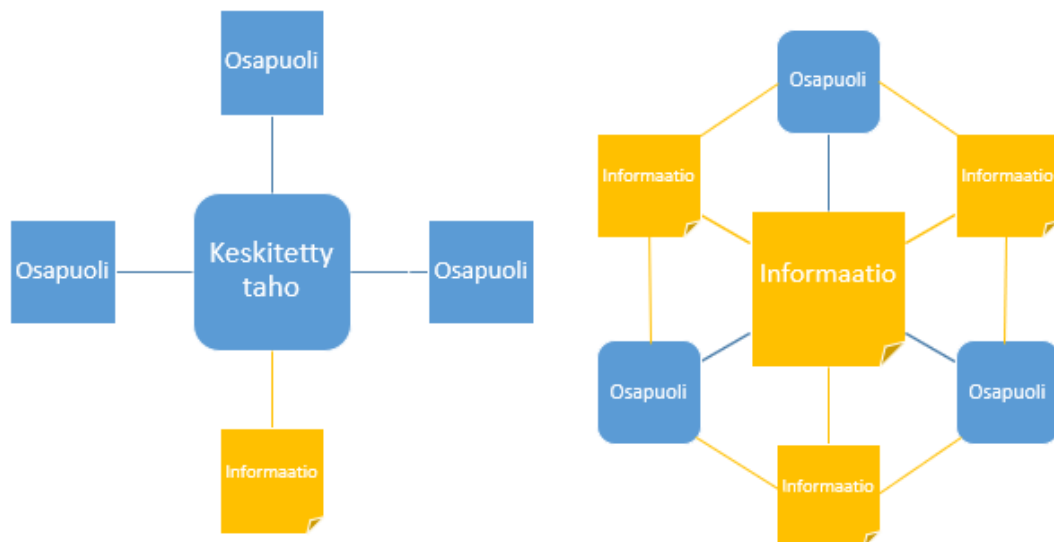
Tässä kappaleessa tarkastellaan lohkoketjuteknologiaa yleisellä tasolla. Näkökulma pidetään kuitenkin työn aiheen kannalta merkityksellisenä. Käsiteltävät aiheet kattavat teknologian taustaa, toimintaperiaatteita ja keskeisiä ominaisuuksia. Tarkoituksena on saada parempi käsitys myöhemmin tässä työssä käsiteltävien aiheiden taustalla toimivista tekijöistä.

2.1 Teknologian tausta ja double-spending -ongelma

Idea lohkoketjuteknologiasta julkaistiin virallisesti vuonna 2008 ja sitä hyödynnettiin ensimmäisen kryptovaluutan, Bitcoinin, pohjana. Julkaisu tehtiin nimellä ”Satoshi Nakamoto”, mutta julkaisijan identiteetistä on kiistelty paljon jälkeen päin ja tällä hetkellä tarkkaa tietoa kyseisestä henkilöstä ei ole vielä saatu. Tässä Nakamoton dokumentissa, ”Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, lohkoketju esiteltiin vertaisverkkona toimivana valuuttasysteeminä, jonka päämääränä olisi korvata perinteinen valuuttajärjestelmä. Verkkomaksut kulkisivat suoraan osapuolten välillä, joten kolmannen osapuolen tarve katoaisi suorituksen vahvistamisessa. Nakamoton julkaisu keskittyy pääasiassa Bitcoin - kryptovaluutan kuvailemiseen ja toiminnan perustelemiseen. Tässä vaiheessa lohkoketjuteknologia oli vain Bitcoinin taustalla vaikuttava konsepti, joka mahdollisti sen toiminnan ylipäättänsä. Muita käyttötarkoituksia ei ollut virallisesti pohdittu tai kehitysprojekteja käynnistetty. Tämä tilanne kuitenkin muuttui myöhemmin.

Nakamoton tarkoituksena oli ratkaista digitaalisille maksusuorituksille ominainen double-spending -ongelma. Ongelma kuvaa tilannetta, jossa digitaalisen maksun vastaanottaja ei voi olla varma, että sen lähettäjä ei ole monistanut tai väärentänyt valuuttaansa. Fyysisestä rahasta poiketen digitaalinen valuutta koostuu vain digitaalisesta tiedostosta, jota on mahdollista muokata tai monistaa. Tämä ongelma kohdistuu siis vain digitaaliseen kaupankäyntiin, koska fyysisissä suorituksissa myyjän on mahdotonta antaa tuotettaan kahdelle eri henkilölle tai myyjän maksaa samoilla seteleillä usealle eri henkilölle. Perinteisesti tämä ongelma on ratkaistu määrittämällä kolmasosapuoli, joka on vastuussa maksamiseen käytettävän valuutan oikeellisuudesta. Nakamoto näki tässä mallissa ongelmana koko valuuttajärjestelmän tukeutumisen yksittäisen tahon toimintaan (Nakamoto, 2019).

Nakamoto ehdotti double-spending ongelman poistamiseksi vertaisverkkoa, joka hoitaa kolmannelle osapuolelle muuten jäävän suorituksen varmistamisen. Kuvassa 1 esitetään visuaalinen kuvaus keskitetyn ja hajautetun tietokannan eroavaisuuksista. Vertaisverkon tehtävänä on suoritusten aikaleimaaminen lisäämällä ne ketjuun. Tämä muodostaa lokin, jota ei voi muuttaa ilman vertaisverkon enemmistön päätöstä. Tässä tapauksessa enemmistö ei välttämättä tarkoita vertaisverkkoa tukevien henkilöiden enemmistöä, vaan se usein määritetään suhteessa vertaisverkolle tehdyn työn määrään. Esimerkiksi Bitcoin -kryptovaluutan osalta henkilön äänioikeus lohkoketjussa määräytyy vertaisverkossa annetun laskentatehon mukaan. Pisin lohkoketju toimii todisteena suoritusten tapahtumisesta ja samalla toteuttaa tätä enemmistön päätösoikeutta. Lohkoketjun toiminta on turvattu niin kauan, kuin suurin osa laskentatehosta on laskentapisteillä, jotka eivät yritä yhteismielin ottaa verkkoa haltuun. Toisin sanoen, kunhan pisin ketju on generoitu oikeiden tukijoiden toimesta (Nakamoto, 2019). Syötteet, jotka poikkeavat enemmistön tukemasta ketjusta, jätetään huomioimatta kokonaan.



Kuva 1 Visuaalinen kuvaus keskitetystä (vasemmalla) ja hajautetusta (oikealla) tietokannasta.

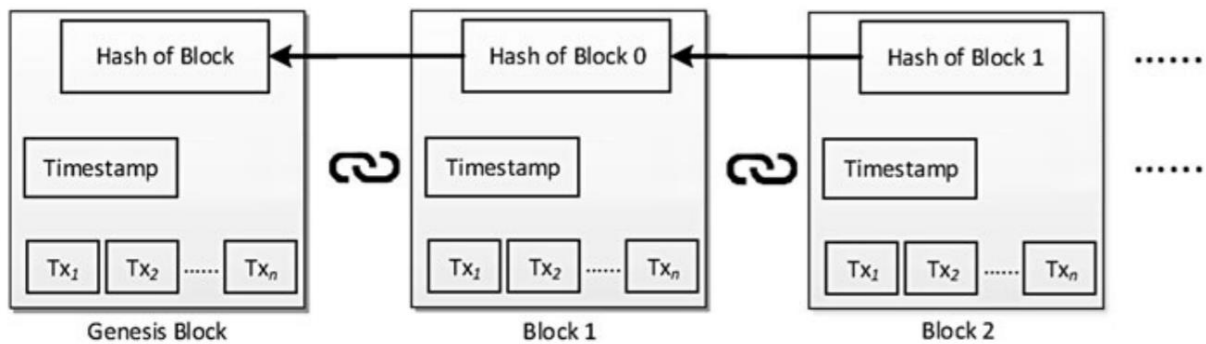
2.2 Toimintaperiaate

Lohkoketjut voivat olla julkisia, jolloin kaikki halukkaat voivat liittyä ketjun laskentaan tai rajoitettuja, jolloin liittymiseen voidaan vaatia esimerkiksi tunnistauminen. Rajoitetut lohkaketjut mielletään julkisia versioitaan turvallisemmiksi, koska kaikkien tekijöiden motiivit tunnetaan paremmin (Underwood, 2016).

Lohkoketju on hajautettu tietokanta ja loki, johon on tallennettu kaikki suoritukset tai digitaaliset tapahtumat, jotka on jaettu kaikkien osallistujien kesken. Kerran syötettyä informaatiota ei voi enää poistaa ketjusta (Crosby et al., 2016). Lohkoketjuteknologiaa voi hyödyntää kaikissa asioissa, joihin liittyy digitaalisen tiedon vaihtamista verkossa. Lohkoketjuteknologia eroaa perinteisistä vaihtoehdoista tiedon hajauttamiseen perustuvan luottamusjärjestelmän takia. Perinteiset vaihtoehdot sisältävät yleensä vaiheen, jossa henkilön on luotettava kolmanteen osapuoleen tiedon varmistamisessa. Vertaisverkko -rakenne poistaa kokonaan tämän tarpeen luottamiselle, koska kaikki ovat vastuussa tiedon oikeellisuudesta.

Lohkoketju muodostuu nimensä mukaisesti toisiinsa linkitetyistä lohkoista, joiden yhdistäminen perustuu kryptografiseen menetelmään. Ketju kasvaa niin kauan kuin uusia lohkoja luodaan ja lohkaketjua ylläpidetään. Ylläpito tapahtuu ketjun tukemiseen osallistuvien osapuolien yhteydenpidolla hajautetussa verkostossa.

Kuvassa 2 on esitetty yksinkertainen versio lohkaketjun muodostavien lohkojen toiminnasta. Yhden lohkon ”sisälle” voidaan tallentaa useita eri suoritteita/tapahtumia, joita kuvaa Tx (transaction) -lyhenne. Lohkoketjun ensimmäistä lohko kutsutaan nimellä ”genesis block”. Lohkojen ”Hash” -pointtereita käytetään osoittamaan lohkon sijaintia ketjussa ja se kertoo tietokannalle, minkä lohkon jälkeen kyseisen lohkon kuuluisi olla, ja mikä lohko sen jälkeen tulee (Zhu et al., 2019). Hash -pointtereiden käyttö takaa lohkaketjun muuttumattomuuden. Ketjun lohkon muuttaminen on käytännössä mahdotonta, koska muutetun lohkon pointteri ei enää vastaisi sitä edeltävien pointtereiden arvoja.



Kuva 2 Esitys lohkojen liittymisestä toisiinsa, muodostaen ketjun (Zhu, L. et al. 2019).

2.3 Keskeiset ominaisuudet

David Furlongerin ja Christophe Uzureauun kirjassa ”The Real Business of Blockchain” lohkoketjujen keskeiset ominaisuudet on määritetty olevan jakelu, salaus, muuttumattomuus, tokenisaatio ja hajautus. Näitä viittä keskeistä lohkoketjujen elementtiä tarkastellaan seuraavaksi:

- **Jakelu:** Lohkoketjun ylläpitäminen tapahtuu vertaisverkon välityksellä, joten osallistuminen ei vaadi fyysistä läsnäoloa. Jokainen, joka operoi täyttä ”nodea”, ylläpitää ja päivittää lokia täysimääräisesti. Node:lla tarkoitetaan tässä tapauksessa osallistumiseen käytettäviä koneita, jotka on varustettu ajamaan tarvittavia varmennusalgoritmeja (Consensus Algorithm).
- **Salaus:** Lohkoketjut käyttävät toimintojen suorittamisen vahvistamiseen erilaisia teknologioita. Näitä ovat esimerkiksi julkiset ja yksityiset avaimet, joilla tietty käyttäjä voi vahvistaa henkilöllisyytensä eri tasoilla, tarpeen mukaan. Käyttäjät voivat siis hallita omaa identiteettiään ja muuta informaation jakamista.
- **Muuttumattomuus:** Suoritetut tapahtumat allekirjoitetaan kryptografisesti, aika leimataan ja lisätään omalle paikalleen lokiin. Vain enemmistön päätöksellä voidaan tehdä muutoksia lokin sisältöön.

- Tokenisaatio: Lohkoketjut usein perustuvat turvalliseen arvon välitykseen ja sen siirtokeinosta käytetään yleisellä tasolla nimitystä ”token”. Tokenit ovat käytännössä lohkoketjun sisäistä valuuttaa, jota käyttäjät voivat siirrellä ketjun sisällä. Tokeneita käytetään usein myös kannustamaan ketjun ylläpitämistä. Niiden käyttökohteet eivät ole kuitenkaan rajattuja varsinaiseen valuuttakäyttöön, vaikka se onkin niiden yleisin käyttökohde. Ne voidaan myös esimerkiksi asettaa kuvaamaan fyysisiä eriä tai informaatiota.
- Hajautus: Vertaisverkon käyttäminen poistaa kokonaisuudesta yksittäiset pisteet, jotka voisivat vaarantaa koko systeemin toiminnan. Kun ylläpito on hajautettu kaikkien osallistujien kesken, ei ole enää tarvetta yksittäisille tahoille, joilla olisi merkittävästi suurempi vaikutusvalta ketjun datasta.

2.4 Älysopimukset

Älysopimukset ovat lohkoketjuteknologian tuoreempia käyttötapauksia (Saveen et al., 2016). Termin kansainväliselle nimitykselle ”smart contracts” ei ole vielä virallistettu suomenkielistä versiota, joten siitä käytetään tässä työssä nimitystä älysopimukset. Älysopimukset mahdollistavat digitaalisten sopimusten tekemisen yhteisymmärrykseen perustuvassa vertaisverkossa. Niille on ominaista vaikea väärennettävyys ja itsenäinen sopimuksen valvominen automaattisen toiminnan mahdollistamana. On hyvä huomioida, että näitä sopimuksia ei määrittele pelkästään digitaalisuus, koska se usein pitää sisällään keinot, joiden toteuttamisessa on mukana jokin kolmas osapuoli. Älysopimusten perustavanlaatuisin ominaisuus on luottamuksen tarpeen poistaminen sopimusten läpiviennistä. Käyttökohteita voi olla esimerkiksi valuutan, omaisuuden, osakkeiden, palveluiden tai muun arvon vaihtamisen helpottaminen algoritmisesti automatisoidulla tavalla, ilman konflikteja (Lin et al., 2018).

Älysopimuksia voi hyödyntää hyvin monella erilaisella tavalla. Käyttökohteiden rajoitteet ovat käytännössä samat kuin itse lohkoketjuillakin. Sopimusten hyödyntäminen yleisellä tasolla voisi tapahtua esimerkiksi seuraavasti:

1. Myyjän ja mahdollisen ostajan välinen sopimus koodataan lohkoketjuun. Sopimuksessa määritellään tuote/palvelu, joka on mahdollista vaihtaa tietyillä myyjän asettamilla ehdoilla.
2. Tapahtuma aktivoi sopimukseen koodattujen ehtojen suorittamisen. Tapahtuma voi olla esimerkiksi sopimuksen erääntymispäivä.
3. Omaisuuserät vapautetaan sopimuksessa määritetyille osapuolille.
4. Sopimuksen suorittamisesta jää tarkasteltava jälki, jonka ehtoja voidaan tarkastella jälkeen päin lohkoketjussa. Tätä voisi verrata perinteisessä kaupankäynnissä tehtävään kuittiin, joka vahvistaa tapahtuman. Tarvittaessa kykyä tarkastella näitä tietoja voidaan rajoittaa vain tietyille tahoille.

3 TOIMITUSKETJUN HALLINTA

Tässä osiossa tarkastellaan perinteisiä toimitusketjuja ja niiden hallintaa. Yleisen tarkastelun jälkeen syvennyttään niihin liittyviin ongelmiin ja haasteisiin, joille myöhemmin tutkitaan vaihtoehtoisia suoritustapoja ja korvaavia keinoja.

3.1 Toimitusketjut

Toimitusketju on verkosto organisaatioita, jotka ovat osallisena eri prosesseissa ja toiminnoissa, jotka tuottavat arvoa loppukäyttäjälle tuotteiden tai palveluiden muodossa. Tämä määritelmä painottaa toimitusketjun kaikkien toimintojen suunnittelua lähtökohtaisesti asiakaslähtöisesti (Stadler, 2005). Toimintoihin kuuluvat tuotannon suunnittelu, ostot, materiaalien hallinta, jakelu, asiakaspalvelu ja myynnin ennustaminen (Ustundag & Tanyas, 2009). Toimitusketjun organisaatioiden välillä kulkee fyysisiä- ja informaatiovirtoja. Fyysisiin virtoihin kuuluu tuotteiden ja materiaalien muuttamista, liikuttamista ja varastointia. Informaatiovirroilla tarkoitetaan toisaalta toimitusketjun pisteiden välistä suunnitelmien koordinoitua ja tuotteiden sekä materiaalien liikkumisen kontrollointia toimitusketjussa.

Toimitusketjun hallinnan tavoite voidaan kiteyttää olevan läpiviennin kasvattaminen ja samanaikainen varastoon sitoutuneen pääoman ja toimintakustannuksien vähentäminen. Tässä läpiviennillä tarkoitetaan myyntitahtia loppukäyttäjille. Tehokas toimitusketjun hallinta vaatii siis ymmärrystä tuotannosta, varastoinnista, sijainnista, kuljetuksesta, informaation jakamisesta ja niiden hyödyntämisestä (Hugos, 2003).

3.2 Ominaisuudet ja haasteet

Nykypäivän globaalit toimitusketjuoperaatiot sisältävät suuria määriä hallinnollisia toimia ja rahoitustapahtumia, jotka toteutetaan useiden eri alueilla toimivien kauppakumppaneiden välillä. Lisäksi suuri osa toiminnan edellyttämästä työstä tehdään edelleen manuaalisesti ja käytössä olevat elektroniset ratkaisut perustuvat usein hyvin vanhaan teknologiaan. Nämä nykyään vallitsevat tekijät tuottavat hidasteita toimitusketjussa (Vyas et al., 2019).

Lontoossa toimiva toimitusketjuratkaisuja tuottavan Tungsten Network kertoo tutkimuksiansa perusteella yritysten käyttävän keskimäärin noin 55 työtuntia viikossa manuaalisiin paperitöihin, 39 tuntia poikkeuksien ja virheiden selvittämiseen sekä 23 tuntia jakelijoiden kyselyihin. Yrityksen tuottaman kyselyn perusteella suurimpia hidasteita aiheuttavaa syytä olivat (Tungsten Network, 2019):

- Paperisten laskujen suuri määrä
- Ostotilaukseen pohjautumattomien laskujen suuri määrä
- Suuri määrä laskuja tai maksuja koskevia kyselyitä toimittajilta
- Automaattisen hyväksynnän puute

3.2.1 Seurantajärjestelmät

Perinteisiä toimitusketjuja pystytään tarkastelemaan vain tietyissä pisteissä. Tätä voisi kuvailla tilannekuvien sarjana, joiden väliin jäävä aika jää huomioimatta ja näkymättömiin (Hugos, 2003). Toimitusketjujen seurantajärjestelmät toimivat keskitetyn pisteen ympärillä, joka hoitaa informaation keräämisen ja jakamisen eteenpäin. Tässä järjestelmässä toimitusketjun osapuolet luottavat keskitetyn pisteen toimintaan tiedon hallinnassa ja koko toimitusketjun tiedottamisessa. Ongelmaksi muodostuu monopolistinen ja läpinäkymätön informaatiojärjestelmä, joka voi johtaa luottamusongelmiin (Tian, 2016). Systeemin alttius informaation väärentämiselle luo toimitusketjun tekijöille tilanteen, jossa heidän on luotettava tiedon oikeellisuuteen ja kolmannen osapuolen lupauksiin.

3.2.2 Kustannukset

Toimitusketjun kulutekijät muodostuvat tehdyistä työtunneista, varastoinnista, menetetyistä myynnistä, varkauksista ja tilauskuluista. Monilla aloilla nähdään painetta toimitusketjujen toimintojen kehittämiseen erilaisten teknologioiden avulla, kilpailukyvyyn ylläpitämiseksi. Erityisesti toiminnan automatisaatiota lisäävät sovellukset on todettu parantavan tehokkuutta, tarkkuutta, näkyvyyttä ja turvallisuutta. Näiden osa-alueiden kehittyessä saavutetaan yhteisvaikutuksen myötä toiminnallisia etuja, kuten parantunut tuotteiden saatavuus.

Vaikutuksia voidaan nähdä myös työntekijäkustannuksissa, varastointikustannuksissa ja menetettyjen myyntien määrässä (Ustundag & Tanyas, 2009).

3.2.3 Luottamus

Kysymykset luottamuksesta ja läpinäkyvyydestä toimitusketjun hallinnassa on tullut entistä tärkeämmiksi. Luottamukselle ei ole kuitenkaan vakiintunut tiettyä määritelmää, toimitusketjun tekijöiden välisten suhteiden dynaamisen luonteen takia. Luottamus voidaan kuitenkin yleistää olevan vähintään kahden osapuolen välinen suhde, jossa toinen on luotettava, ja toinen luottaja. Tarve luottamukselle muodostuu epävarmuustekijöistä. Epävarmuutta voi tuottaa esimerkiksi muiden osapuolien kyvykyys, uskottavuus tai varmuus (Laequddin et al., 2010). Määrittelemisen vaikeus johtaa myös hankaluuksiin luottamuksen mittaamisessa. Kehitystyötä on vaikeata tehdä ilman verrattavia mittareita.

Loppukäyttäjien kiinnostus tuotteiden alkuperästä on koko ajan kasvamassa (Imkamp, 2000). Tämä johtaa paineeseen tuottaa kuluttajille entistä tarkempaa ja luotettavampaa tietoa tuotteista. Kilpailukyvyyn ylläpitämiseksi yritysten on siis kehitettävä järjestelmiä, joilla mahdollistetaan kyvykyys vastata näihin kuluttajien kasvaviin vaatimuksiin. Tämän perusteella luottamuskysymykset voidaan laajentaa koskemaan myös kuluttajia. Tuotetietojen läpinäkyvyydellä on mahdollista kasvattaa kuluttajien luottamusta yrityksiin ja niiden tarjoamiin tuotteisiin.

3.2.4 Käytännön esimerkkejä

Maailmanpankki esitti 2013 julkaisemassaan raportissa useita case-tutkimuksia, koskien toimitusketjujen esteitä kansainvälisessä kaupankäynnissä. Esteiksi määritettiin markkinoille pääseminen, rajahallinto, tietoliikenne- ja kuljetusinfrastruktuuri sekä yritysympäristö. Kuvassa 3 on esitetty näiden esteiden aiheuttamia seurauksia ja niiden mahdollisia vaikutuksia globaaleihin toimitusketjuihin. Vaikutuksia nähdään esimerkiksi kustannuksissa, myöhästymisissä, toimitusmäärissä ja riskeissä. Kuvasta huomataan, että monessa tapauksessa esteiden aiheuttamat seuraukset johtavat kustannuksien nousuun ja toimituksien myöhästymiseen. Toimitusmääriin ja riskitekijöihin negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä

löydettiin suhteessa vähemmän, mutta ne ovat vaikuttavuudeltaan kuitenkin merkittäviä. Esimerkiksi riskin kasvaessa yrityksen mahdollisesti saavutettavan voiton on myös kasvettava samassa suhteessa tai liiketoiminta markkina-alueella ei ole enää perustellusti kannattavaa. Raportissa arvioidaan, että toimitusketjujen esteiden poistaminen voisi kasvattaa maailman bruttokansantuotetta yli kuusi kertaa enemmän kuin kaikkien tullien poistaminen.

Seuraukset	Selitys	Kustannukset	Myöhästymiset	Volyyymi	Riski
		Korotetut toimintakustannukset	Myöhästymisien keskimääräisen keston kasvaminen	Toimitusmäärien aleneminen	Korostunut (poliittinen) riski
Pääseminen sisä- ja ulkomarkkinoille	Tullit ja ja muut toimenpiteet, jotka heikentävät yrityksen kilpailukykyä.	x	x		
Tullilaitoksen tehokkuus	Tullin kyky käsitellä tuotteita. Sisältää toiminnan nopeuden ja helppouden.	x	x		
Rajahallinnon läpinäkyvyys	Mahdollisen korruption tuottamat haasteet.	x	x	x	x
Tieto- ja viestintäteknologian saatavuus ja käyttö	Esimerkiksi paperisen dokumentoinnin käyttäminen digitaalisen sijasta.	x	x		
Lait ja säädökset	Vaikeudet ulkomaisen työvoiman hankinnassa ja epävakaa hallinto.	x	x	x	x

Kuva 3 Toimitusketjun esteiden seuraukset ja niiden vaikutukset (Worldbank, 2013).

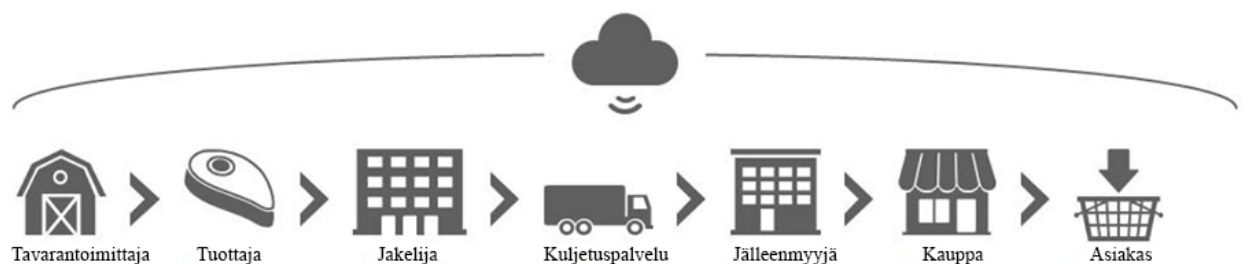
Prosesseihin liittyvät pullonkaulat globaaleissa toimitusketjuissa heikentävät merkittäviä säästöjä työvoimakustannuksissa useissa maissa ja kasvattavat toimitusketjun kokonaiskustannuksia (Vyas et al., 2019). Seuraavaksi on listattu käytännön esimerkkejä näiden esteiden aiheuttamista haasteista eri puolilla maailmaa (Worldbank, 2013).

- Chemical Co.: Lisenssien hankinta ja puutteet viiden viraston koordinaatiossa USA:ssa, johtaa myöhästymisiin jopa 30 prosentissa asetyylilähetyksissä.
- Rubber Products: Ala-arvoinen infrastruktuuri, heikko laadunhallinta ja korruptoitunut yritys ympäristö Kaakkois-Aasian kumimarkkinoilla tekevät lopputuotteiden toimitusketjusta epäluotettavan.
- IATA: Elektronisen dokumentoinnin käyttöönotto toimialalla voi johtaa jopa 12 miljardin vuosittaisiin säästöihin ja ehkäistä noin 70-80 prosenttia paperitöihin liittyvistä myöhästymisistä.
- Viilennettyjen tuotteiden toimittaminen Itä-Afrikasta Eurooppaan vaatii erilaisia leimoja ja hyväksymisiä noin 30 henkilöltä ja organisaatiolta. Lisäksi dokumentit, kuten rahtikirja, voi olla väärennetty. Yhdessä kaikki kaupankäyntiin liittyvät paperityöt muodostavat arviolta 15-50 prosenttia fyysisen kuljetuksen kustannuksista (Hackius & Petersen, 2017). Paperitöiden digitalisoinnilla lohkoketjuun voidaan siis positiivisten kustannusvaikutuksien lisäksi turvata dokumenttien oikeellisuutta ja nopeuttaa toimintaa.

4 TOIMITUSKETJUN HALLINTA JA LOHKOKETJUT

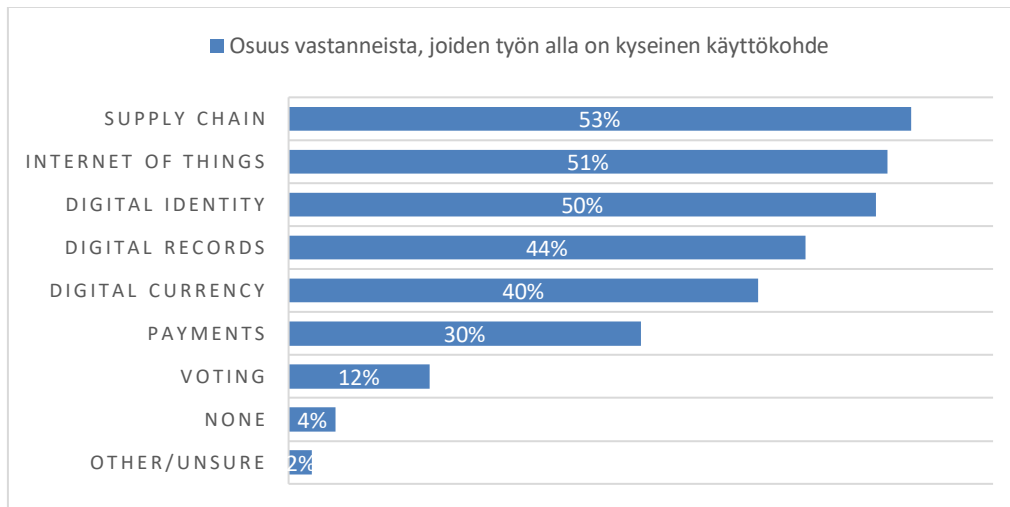
Lohkoketjujen hyödyntäminen antaa mahdollisuuden kehittää toimitusketjuihin liittyviä ratkaisuja monella eri tavalla. Toimitusketjujen digitalisaatio antaa yrityksille mahdollisuuden vastata paremmin asiakkaiden kasvavaan tarpeeseen tietää ostamiensa tuotteiden taustoista ja ominaisuuksista. Yleisesti tästä käytetään termiä ”Supply Chain 4.0”, jonka päämääränä on olla perinteisiä ratkaisuja nopeampi, joustavampi, kohdistetumpi, tarkempi ja tehokkaampi (MCKinsey, 2019). Tähän pyritään pääsemään hyödyntämällä IoT-ratkaisuja, lohkoketjuja ja koneoppimista.

Aihetta tarkastellessa on otettava huomioon, että lohkoketjujen mahdollisuuksia on yleisesti ehditty tutkimaan suhteessa hyvin vähän verrattuna muihin, pidempään käytössä olleisiin ratkaisuihin. On hyvin todennäköistä, että lohkoketjuteknologialla toimivien toimitusketjujen kehittyessä, niiden yhdistäminen esimerkiksi IoT -ratkaisuden, pilvipalveluiden ja erilaisten turvallisuusteknologioiden kanssa tulee helpottumaan (Vyas et al., 2019). Kuvassa 4 on visuaalinen esitys lohkoketjuteknologian yhdistämisestä toimitusketjuun. Ideana on luoda kokonaisuus, jossa informaatio kulkisi yhtenäisen systeemin kautta, kaikille läpinäkyvästi.



Kuva 4 Esitys toimitusketjusta, jonka tiedonvälitys kulkee lohkoketjun kautta (Oliverwyman, 2017).

Aiheen tuoreudesta huolimatta, yritykset ympäri maailmaa ovat kiinnostuneet tarkastelemaan mahdollisuutta kyseisen teknologian hyödyntämisestä liiketoiminnassaan. Kuvassa 5 on esitettyä Deloitteen 2018 yrityksille teettämä kysely, jonka perusteella 53% vastaajista on aloittanut toimenpiteet lohkoketjuteknologian mahdollisesta hyödyntämisestä toimitusketjun hallinnassaan. Yksittäisten tutkimusten tuloksia ei tule ajatella täysin varmana totuutena, mutta saamme ainakin hyvin suuntaa antavan kuvan yleisesti vallitsevasta tilanteesta. Voimme todeta tutkimuksen perusteella, että yritykset kokevat tarpeelliseksi tehdä parannuksia näiltä osin.



Kuva 5 Deloitteen 2018 kysely lohkoketjujen käyttökohteista (Deloitte, 2018).

4.1 Toiminnan seuranta, tallentaminen ja varmistaminen

Joka päivä maailmalla valmistetaan miljardeja tuotteita, jotka kulkevat monimutkaisten toimitusketjujen kautta ympäri maailmaa. Ongelmaksi muodostuu informaatio näiden tuotteiden tarkemmista ominaisuuksista. Mietintää herättäviä kysymyksiä ovat esimerkiksi mistä tuotteet ovat tulleet, milloin ne on valmistettu ja miten tuotteita on käytetty niiden elinkaaren aikana. Ennen tuotteiden päätymistä kuluttajille, ne siirtyvät yleensä useiden eri jälleenmyyjien, jakelijoiden, kuljettajien ja varastojen välillä. Nämä tapahtumat jäävät kuitenkin yleensä pimentoon (Saveen et al., 2016).

Esineiden internet (IoT) on käsite, joka kuvaa joka päivästen asioiden ja esineiden kokonaisuutta, jolla voidaan kerätä, yhdistää ja välittää dataa. IoT lisää internetin läsnäoloa mahdollistamalla erilaisten objektien hallitsemisen sulautettujen järjestelmien avulla. Tämä johtaa jaetun laitteiden verkoston muodostumiseen, jolla on kyky kommunikoida ihmisten sekä verkon muiden laitteiden kanssa (Feng, 2012).

Esineiden internet on aiheen kannalta oleellinen käsite, koska se mahdollistaa myös erilaisten sensoreiden, käyttölaitteiden ja muiden elektronisten laitteiden yhdistämisen internettiin. Internetin välityksellä näitä laitteita voidaan operoida etäyhteydellä. Laitteisiin sulautettavien erilaisten kontrollereiden määrän kasvaessa, kasvaa myös mahdollisten

käyttömahdollisuuksien määrä. Erityisesti lisääntyvä laitteiden välinen kommunikointi tulee muuttamaan perinteisiä tapoja toimia.

Esille nousee kuitenkin kysymyksiä tämän toteuttamisesta käytännössä. Elektronisten laitteiden käyttämistä tässä tarkoituksessa rajoittaa niiden tarve sähkövirralle. Kaikki teknologian tuomat hyödyt kumoutuisivat, jos jokaista tuotetta tulisi ladata jatkuvasti informaatiokulun ylläpitämiseksi. Tähän on esitetty ratkaisuna ”radio frequency identification (RFID)” -tunnisteita. RFID -tunnisteet mahdollistavat automaattisen tunnistamisen ja datan keräyksen ilman tarvetta erilliselle virtalähteelle. Tunnisteet koostuvat yleensä antennista ja silikonisirusta, joka käsittelee tulevan ja lähtevän informaation. RFID-tunnisteet jaetaan aktiivisiin ja passiivisiin tunnistaisiin. Keskitymme pääasiassa passiiviseen versioon, koska se saa tarvittavan virran täysin antenniin saapuvasta radiotaajuisesta skannauksesta (Perret, 2014).

Vyas (2019) esittää kirjassaan ”Blockchain and the Supply Chain” seuraavia esimerkkejä IoT -sensoreista ja niiden käyttämisestä toimitusketjuihin liittyvissä sovelluksissa:

- Sijainnin seuranta maailmanlaajuisen paikallistamisjärjestelmän (GPS) avulla: GPS on satelliitteihin perustuva navigointi systeemi, joka mahdollistaa nopean, kustannustehokkaan ja tarkan navigoinnin. GPS:n avulla voidaan paikantaa mitä vaan maalla, meressä ja ilmassa (Arora et al., 2017). GPS -sensorin datan lähettäminen vaatii laitteelta kyvyn kommunikoida valvontasovellukselle. Lisäksi sensorin toiminta vaatii virtalähteen.
- Sijainnin seuranta passiivisten RFID -laitteiden avulla: RFID-tunnisteita pystytään tunnistamaan ja lukemaan lyhyillä etäisyyksillä. Näistä tunnisteista on kehitetty myös korkea taajuisia versioita (UHF), joita pystytään lukemaan jopa 10 metrin säteellä (Perret, E. 2014. 4). RFID -tunnisteiden kustantavat noin 0,1 – 0,5 €/kpl riippuen tunnisteen ominaisuuksista ja tilausmäärästä (Barcoding, 2019).
- Lämpötilasensorit: Lämpötilasensoreilla voidaan varmistaa lämpötilaherkkien tuotteiden turvallinen säilytys ja kuljettaminen. Tarve voi olla esimerkiksi ruoan, tiettyjen lääkkeiden tai kemikaalien monitorointi. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi

yhdistämällä sensorit langattomasti kuljetuksessa käytettävän kontin sisälle asetettuun valvontalaitteeseen.

- Kiihtyvyyssanturit: Näiden antureiden keräämällä datalla on kaksi ominaisuutta, jotka ovat aika ja kiihtyvyys x, y ja z -akseleilla (Nishkam et al., 2005). Yksinkertainenkin kiihtyvyyssanturi pystyy auttamaan tuotteisiin kohdistuneiden iskujen tai väärän käsittelyn tunnistamisessa.

4.2 Jäljitettävyys ja läpinäkyvyys

Edellä mainittujen teknologioiden onnistuneella yhdistämisellä lohkoketjuteknologian kanssa, voidaan kehittää tuotteiden jäljitettävyttä ja läpinäkyvyyttä toimitusketjuissa. Jäljitettävyyden osalta muutoksia huomataan esimerkiksi tuotteiden identifioinnissa, valvonnassa, leimaamisessa, käsittelyssä, raportoinnissa ja identifioinnin kustannuksissa (Ringsberg & Mirzabeiki, 2014). Tian (2016) tutki RFID -tunnisteiden ja lohkoketjuteknologian hyödyntämistä kaupallisessa maataloudessa. Hän kuvailee muodostuvaa kokonaisuutta informaatioketjuksi, joka kulkee viranomaisten, maatalojen, jalostajien, logistiikan ja jälleenmyyjien kautta kuluttajalle asti. Kaikki informaatio toimitusketjussa on läpinäkyvää ja avointa. Tätä hyväksikäyttäen esimerkiksi logistiikkayritykset, voisivat kehittää ajantasaisen seurantajärjestelmän, jonka avulla saatavaa tietoa voisi hyödyntää ketjun muissa pisteissä. Tältä osin lohkoketju voisi olla ainakin osa ratkaisua jäljitettävyyden parantamiseksi.

Awaysheh & Klassen (2010) määrittelevät toimitusketjun läpinäkyvyyden tarkoittavan tasoa, jolla informaatio on saatavilla loppukäyttäjille ja muille yrityksille toimitusketjussa. Tarve toimitusketjun läpinäkyvyydelle kasvaa jatkuvasti. Li et al. (2014) tutkivat läpinäkyvyyden merkitystä yrityksen tulokseen eri läpinäkyvyyden tasoilla. Tutkimuksessa todettiin läpinäkyvyyden hyödyttävän erityisesti valmistajaa, koska parempi informointi mahdollistaa tehokkaamman toiminnan optimoinnin.

4.3 Älysopimusten käyttö

Älysopimusten käyttämistä toimitusketjuratkaisuissa on tutkittu suhteellisen vähän, mutta useita realistisia käyttökohteita on kuitenkin jo löydetty. Älysopimukset ovat erityisen hyödyllisiä niitä pohjustavan koodin läpinäkyvyyden ansiosta. Koodi voidaan tehdä täysin julkiseksi, jolloin kaikki osapuolet voivat vahvistaa sopimuksen ehdot. Seuraavaksi on listattu muutamia tapauksia, joissa älysopimuksia voisi hyödyntää.

- Kaikille fyysisille objekteille voidaan luoda digitaalinen identiteetti lohkoketjujärjestelmään. Älysopimuksia voidaan käyttää näiden identiteettien hallitsemiseen. Käytännössä tätä voisi hyödyntää esimerkiksi vakuuttamattomien ajoneuvojen ajamisen rajoittamisessa (Saveen et al., 2016). Liikennevakuutus on Suomessa kriteeri ajoneuvon käyttöönotolle (Traficom, 2019). Vakuutuksen hankkiminen jää kuitenkin ajoneuvon omistajan omalle vastuulle. Lohkoketjuratkaisun avulla ajoneuvon käyttöoikeutta olisi mahdollista hallita lohkoketjun välityksellä ja vakuuttamattomien ajoneuvojen hallintaoikeutta voitaisiin automaattisesti rajoittaa vakuutuksen uusimiseen saakka.
- Älysopimusten integroimisella voidaan parantaa transaktioiden turvallisuutta. Jokaisen tuotteen voi vastaanottaa vaan ostaja, joka on allekirjoittanut kyseisen sopimuksen myyjän kanssa. Järjestelmä pystyy siis tunnistamaan väärät transaktiot ja hävitetyt tuotteet (Saveen et al., 2016). Tätä voisi soveltaa esimerkiksi toimituksien lähetyksessä ja vastaanotossa. Lähettäjä voisi luoda lähetyksen yhteydessä sopimuksen, joka suoriutuisi automaattisesti vastaanottajan lisätessä saapuneen paketin lohkoketjujärjestelmäänsä. Sopimuksen suorittaminen voisi päivittää paketin toimituksen aikana kerätyn datan lohkoketjuun, josta sitä voitaisiin tarkastella.

4.4 Haasteet

Disruptiiviset teknologiat kohtaavat yleensä haasteita niin lyhyellä kuin pitkälläkin tähtäimellä (Saber et al., 2019). Lohkoketjuteknologian käyttöönotto ei ole tästä poikkeavaa. Jo pelkästään aiheen tuoreuden perusteella voidaan olettaa, että kaikkia käytännön haasteita ei ole vielä saatu

ratkaistua ja kaikkia hidasteita määritettyä. Teknologian alkupään käyttöönotossa on hyvä ottaa tämä asia huomioon. Ongelmat tulevat kuitenkin vähentymään teknologian omaksumisen kasvaessa ja laajentuessa eri aloille.

Lohkoketjuteknologian käyttöönotto vaatii tietynlaisen IT -infrastruktuurin. Esimerkiksi internet-yhteyden saatavuus voi olla ongelmallista syrjäisessä paikassa toimivalle tuottajalle, jonka pitäisi pystyä päivittämään reaaliajassa RFID -tunnisteiden avulla kerättyä dataa lohkoketjuun (Saveen et al., 2016). Tämän lisäksi toiminnan automatisointia ja sujuvuutta parantavien älysovimuksien pystyttäminen voi viedä odotettua enemmän aikaa ja vaatia hyvin kohdistunutta osaamista aiheesta.

Lohkoketjujen sujuva käyttöönotto tällaisessa käyttötarkoituksessa vaatii itse lohkoketjultakin tietyn tasoista kehittyneisyyttä. Bitcoinin lohkoketju pystyy prosessoimaan noin 7 suoritetta sekunnissa. Tarkastelu hetkellä markkina-arvoltaan toiseksi suurin ja Bitcoinia pidemmälle kehitetty kryptovaluutta ”Ethereum” pystyy prosessoimaan noin 15 suoritetta sekunnissa (Gorilovsky & Kozlov, 2019). Näitä voidaan verrata esimerkiksi Visa:n prosessointijärjestelmään, joka pystyy käsittelemään noin 56,000 suoritetta sekunnissa (Visa, 2019). Yksittäinen Bitcoinin lohko voi pitää sisällään noin 2,000 suoritetta. Lohkon validointiin kuluvaa aikaa kutsutaan nimellä ”block time” ja se on Bitcoinin kohdalla asetettu olemaan 10 minuuttia. Toisin sanoen tämä aika menee seuraavan lohkon luomiseen ketjussa. Voimme todeta, että ensimmäinen versio lohkoketjusta ei todennäköisesti toimisi vaaditulla tasolla, vaikka sen integroiminen toimitusketjuun sujuisi ilman ongelmia. On kuitenkin huomioon otettavaa, että tässä oli kyseessä versio lohkoketjusta, jota ei ole ensisijaisesti tarkoitettu käytettäväksi yhdessä toimitusketjujen kanssa. Kyseisen teknologian pohjalta on kuitenkin pystytty kehittämään uusia versioita, joiden ominaisuudet on kohdistettu paremmin erilaisia käyttötarkoituksia ajatellen.

5 YRITYSESIMERKKI - MODUM

Tässä kappaleessa tarkastellaan esimerkki yritystä, joka tarjoaa lohkoketjupohjaisia ratkaisuja, joilla yritysasiakkaat voivat tehostaa toimitusketjun hallintaansa. Tällä alalla yritykset ovat hyvin nuoria, joten yrityksen valikointiin tähän tarkasteluun vaikutti sen kehittämät varsinaiset tuotteet ja palvelut. Monet startup-yritykset ovat vielä konseptinsa kehittämissä vaiheissa, joten niiden tarkastelu on vielä tässä vaiheessa liian aikaista.

5.1 Yritysesittely

Modum on Zürichissä toimiva vuonna 2016 perustettu startup-yritys. Modum tarjoaa nykyaikaisia ratkaisuja toimitusketjuihin ja niiden automatisaatioon. Modum kertoo luovansa näiden ratkaisujensa kautta digitaalisen ekosysteemin, jonka pohjana toimii IoT -sensorointi ja lohkoketjuteknologia. Tuotteiden ja palveluiden kautta yritysasiakkaille pystytään tarjoamaan myös luotettavaa tietoa, jota voidaan hyödyntää asiakkaan arvoketjun automatisaation kehittämisessä tulevaisuudessa. Käyttökohteiksi kuvataan esimerkiksi erilaiset sovellukset, joissa käsitellään herkkiä tuotteita eri toimialoilla. Modumin visiona on luoda yritysten toimitusketju datasta yrityksille arvokasta informaatiota, jota voidaan käyttää tehostamaan yrityksen toimintaa (Modum, 2019).

5.2 Tuotteet ja palvelut

Modumin tarjoamia ratkaisuja ovat esimerkiksi MODsense, MODlink, MODsight. Nämä ratkaisut on luotu toimimaan toistensa tukemana eli parhaan lopputuloksen saavuttaminen vaatisi näiden kaikkien ratkaisujen käyttöönottamista. Seuraavaksi on listattu näihin ratkaisuihin liittyvät ominaisuudet:

MODsense (Modum, 2019c):

- Toimituksen arvojen (lämpötila, kiihtyvyys, toimitusaika) seuranta ja automaattinen tarkastelu ja raportointi. Raportissa käsitellään esimerkiksi toimituksen tehokkuutta ja käsittelyä ennalta asetettujen arvojen perusteella.

- MODsense nettisovellus, joka mahdollistaa poikkeamien hallinnan eli käyttäjä voi esimerkiksi saada automaattisesti ilmoituksia merkittävistä tapahtumista kerätyn datan perusteella.
- Modsense T datan kerääjä, joka on suunniteltu erityisesti varastokäyttöön ja logistiikkaprosesseihin.
- MODsense mobiilisovellus, jolla datan kerääjä yhdistetään MODsenseen lähettämällä ja skannataan vastaanottajalla.
- Yhteensopivuus erilaisten systeemien ja toiminnanohjausjärjestelmien kanssa.

MODlink (Modum, 2019d):

- Hoitaa MODsensen kautta kerätyn datan jakamisen toimitusketjun sidosryhmien välillä.
- Informaatio jaetaan lohkoketjuverkoston välityksellä. Vain jaettavaksi tarkoitettu data tallennetaan lohkoketjuun, joten vältetään organisaation herkän datan leviämistä.

MODsight (Modum, 2019e):

- Datan syvempään analysointiin tarkoitettu ratkaisu, jonka avulla toimintaa voidaan kehittää tulevaisuudessa.

Näiden ratkaisujen käyttöönoton jälkeen suuriosa niiden toiminnasta on automatisoitua. Ainoastaan lähetyskohtaisten arvojen asettaminen MODsenseen ja datan kerääjän käyttöönoton vaatii yrityksiltä manuaalista hallintaa, koska järjestelmä on suunniteltu toimimaan annettujen arvojen perusteella. Modum antaa verkkosivuillaan seuraavan esimerkin näiden ratkaisujen hyödyntämisestä toimituksien lähettämisessä (Modum, 2019c):

1. Lähetyskohtaiset raja-arvot ja vastuuhenkilöt asetetaan MODsensen nettisovelluksessa.
2. MODsensen datan kerääjä yhdistetään nettisovellukseen, josta se saa tarkasteltavat raja-arvot. Tämän jälkeen siihen asetetaan lähetystunnus, jotta tiedot voidaan myöhemmin kohdistaa oikeaan lähetykseen. Datan kerääjä lähetetään toimituksen mukana vastaanottajalle.

3. Tuotteiden saapuessa vastaanottaja skannaa lähetystunnuksen mobiilisovelluksella, jolloin kuljetuksen tiedot päivittyvät lohkoketjuun. Sieltä niitä voidaan tarkastella MODsensen nettisovelluksella. Tässä vaiheessa järjestelmä lähettää vastuuhenkilöille ilmoituksen, jos toimituksen aikana on rikottu asetettuja raja-arvoja.
4. MODsight-sovellus tuottaa kerätystä datasta erilaisia esityksiä Modumin asettamien analyyttisten mallien ja tekoälytekniikoiden perusteella.

Modum on keskittynyt ratkaisujensa luomisessa niiden yksinkertaiseen integrointiin yritysten nykyisiin logistiikkaprosesseihin ja työkaluihin. Modumin toimitusjohtaja Simon Dössegger kertoi toukokuussa 2019 pidetyssä haastattelussa yrityksen hyödyntävän toiminnassaan julkisia ja rajoitettuja lohkoketjuja. Tätä hän perusteli datan luotettavuuden ylläpitämisellä ja laadun varmistamisella. Tarkempaa tietoa datan jakautumisesta näiden lohkoketjujen välille ei voida vahvistaa, mutta voidaan kuitenkin olettaa, että asiakasyritysten toimintaa koskeva herkempi tieto kulkisi vain rajoitetussa lohkoketjussa. Haastattelussa kerrotaan myös yrityksen älysovimuksien ja IoT-laitteiden hyödyntämisestä. Dössegger kertoo toimituksissa käytettävän datan kerääjän tietojen lukemisen perustuvan lohkoketjussa toimiviin älysovimuksiin. Älysovimukset hyväksyvät datan vain samalta kerääjältä, joka on alun perin asetettu kyseiseen lähetykseen MODsensen kautta (Disruptordaily, 2019).

6 TULOKSET

Tutkimuksen perusteella voimme todeta, että lohkoketjuteknologian tuomat mahdollisuudet toimitusketjun hallinnassa ovat monipuoliset. Teknologian hyödyntäminen ei ole kuitenkaan täysin ongelmatonta. Lohkoketjuteknologian integrointi vaatii yritykseltä hyvää IT -infrastruktuuria, joka on vielä tällä hetkellä suhteellisen suuri vaatimus. Järjestelmien täysi päivittäminen digitaaliseen aikaan vaatii paljon resursseja, joita ei välttämättä voida sijoittaa kerralla kaikkien järjestelmien päivittämiseen. Muutokset tapahtuvat yleensä hitaasti, joten uusimpien teknologioiden omaksuminen vie aikaa.

6.1 Vaikutukset seurantajärjestelmiin

Lohkoketjuteknologian avulla on mahdollista ratkaista tämän hetkisiin seurantajärjestelmiin liittyviä ongelmia. Yhdistettynä RFID -tunnisteiden, sensoreiden, viivakoodien ja GPS -sirujen kanssa voidaan saavuttaa tuotteiden, pakettien ja konttien reaaliaikainen paikallistaminen ketjun jokaisessa vaiheessa (Kshetri, 2018). Kerätty informaatio saadaan tallennettua lohkoketjuun, jossa se pysyy muuttumattomana ja tietoa voidaan tarvittaessa jatkojalostaa erilaisten järjestelmien käytettäväksi. Tiedon tallentaminen lohkoketjuun poistaa myös tarvetta ylläpitää paperisia kopioita.

6.2 Vaikutukset kustannuksiin

Voimme todeta, että lohkoketjuteknologia toimii parhaiten yhdistettynä muihin nykyaikaisiin teknologioihin toimitusketjussa. Esimerkiksi tässä työssä käsiteltyjen RFID -tunnisteiden kanssa. Lohkoketjut takaavat tiedon jakamisen ja oikeellisuuden, mutta niillä ei ole itsessään kykyä kerätä dataa tuotteista. RFID -tunnisteita on mahdollista käyttää myös ilman lohkoketjuja, mutta tiedonsiirron olisi tapahduttava keskitetyn järjestelmän kautta. Tällaisen ratkaisun vaatima alkupääoma olisi huomattavasti matalampi, yksinkertaisuutensa takia. Kulut muodostuisivat itse RFID -tunnisteiden liittämisestä tuotteisiin ja niitä hallitsevan järjestelmän luomisesta. Yritykset eivät tule investoimaan uusiin järjestelmiin, jos niiden avulla ei ole saavutettavissa myös voittoja. Kustannukset näkyisivät todennäköisesti loppukäyttäjälle tuotteiden korkeampina hintoina, mutta erityisesti premium -tuotteissa kuluttajat olisivat

todennäköisesti valmiita maksamaan vähän enemmän tuotteista, joiden turvallisuus ja luotettavuus olisi todennettavissa (Tian, 2016). Tiedon varmentaminen tuo esille lohkoketjuteknologian tarpeellisuuden tässä tapauksessa. Kun arvoa pyritään luomaan informaatiolla, on sen hyvä myös pystyä todistamaan oikeaksi.

Käytännön asiat, joiden kustannuksiin lohkoketjujen käyttöönotto vaikuttaisi ovat esimerkiksi regulatiivisten prosessien ja viallisten tuotteiden aiheuttamat kustannukset (Kshetri, 2018). Viallisten tuotteiden tapauksessa voitaisiin määrittää lohkoketjun tuotetietojen perusteella mahdolliset vialliset tuotteet ja suunnitella niiden perusteella strateginen takaisinvento. Tällöin vältetään erityisesti vakavissa tapauksissa suoritettavalta kaikkien tuotteiden takaisin vetämiseltä, jonka taloudellinen isku yritykselle on yleensä hyvin suuri.

Yleisellä tasolla voidaan arvioida, että toiminnan nopeutuminen johtaa erilasiin kustannussäästöihin. Arvio toiminnan nopeutumisesta perustuu informaation tehokkaampaan jakamiseen. Fyysisten prosessien digitalisointi vähentää tarvetta ihmisten väliselle kommunikoinnille eri pisteissä, joten niiden kuluttama aika voidaan hyödyntää varsinaisen liiketoiminnan toteuttamiseen.

6.3 Vaikutukset luottamukseen

Tiedon ylläpitäminen lohkoketjussa antaa jokaiselle toimitusketjun osapuolelle mahdollisuuden tarkastella toimintansa kannalta tärkeää informaatiota reaaliajassa. Jokainen voi luottaa tiedon oikeellisuuteen, joten tarve liikekumppaneiden luottamuksen arviointiin vähenee. Tämä luo tilanteen, jossa toimintaa on ylläpidettävä jatkuvasti tarvittavalla tasolla tai puutteet tulevat nopeasti esille. Yrityksien mahdollisuudet harjoittaa kyseenalaista tai laitonta toimintaa tulisivat vähenemään, koska tuotteiden alkuperä ja tila olisi kaikille yleisessä tiedossa. Esimerkiksi huonompilaatuisia raaka-aineita ei olisi enää mahdollista sekoittaa toimitusten joukkoon. Toimitusketjun muille pisteille ei ole edullista maksaa odotettua huonommista raaka-aineista, joten asiaan tultaisiin puuttumaan nopeasti.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena oli tutkia ja selvittää lohkoketjuteknologian mahdollisuuksia toimitusketjun hallinnassa. Työssä selvitettiin toimitusketjujen ominaisuuksia ja haasteita tällä hetkellä sekä mahdollisia uusia menetelmiä niiden parantamiseksi. Erilaisia menetelmiä koottiin ja sen jälkeen arvioitiin niiden vaikutuksia toimintaan.

Ensimmäinen työssä esitetty osatutkimuskysymys oli:

1. Mitä lohkoketjuteknologialla tarkoitetaan yleisesti?

Työssä päädyttiin tulokseen, että lohkoketju on hajautettu tietokanta ja loki, johon on tallennettu kaikki suoritukset tai digitaaliset tapahtumat, jotka on jaettu kaikkien osallistujien kesken. Kerran syötettyä informaatiota ei voi enää poistaa ketjusta. Lohkoketjuteknologiaa voi hyödyntää kaikissa asioissa, joihin liittyy digitaalisen tiedon vaihtamista verkossa. Lohkoketjuja voi luoda erilaisilla ominaisuuksilla, mutta tämä perusidea pysyy kuitenkin aina samana. Lohkoketjuja voidaan luoda toimitusketjukäyttöön optimoimalla sen ominaisuuden, kuten ”block time”, vastaamaan yrityksen tarpeita. Myös vertaisverkkoa rajoittamalla, voidaan säädellä tietoa käsittelevien osapuolien määrää.

Lohkoketjuteknologiaan liittyvät äly sopimukset mahdollistavat erilaisien sopimuksien luomisen ja automaattisen toteuttamisen lohkoketjussa. Lohkoketjussa toimivat sopimukset pysyvät lohkoketjuille tyypillisesti muuttumattomina, joten niiden läpivientiin ei voi enää vaikuttaa sopimuksen luomisen jälkeen.

Toinen työssä esitetty osatutkimuskysymys oli:

2. Mitä ongelmia lohkoketjut voisivat poistaa?

Työssä löydettiin erilaisia ongelmia koskien toimitusketjujen seurantajärjestelmiä, kustannuksia ja tarvetta luottaa ketjun muiden osapuolien antamaan informaatioon. Näihin tekijöihin voidaan vaikuttaa lohkoketjujen avulla, erityisesti silloin kun niitä käytetään yhdessä

muiden teknologioiden kanssa. Seuraavaksi käydään läpi työn kannalta merkittävimmät löydökset koskien toimitusketjun haasteita ja niiden poistamista.

Tällä hetkellä toimitusketjujen tarkastelu reaaliajassa ei ole mahdollista niin, että tietojen oikeellisuudesta voitaisiin olla täysin varmoja. Lohkoketjun hyödyntäminen alustana tietovirralle toimitusketjun pisteiden välillä ratkaisisi tämän ongelman. Lohkoketjut eivät voi kuitenkaan itsessään kerätä dataa tuotteiden tilasta, joten reaaliaikainen tarkastelu vaatisi esimerkiksi erilaisten IoT-laitteiden hyödyntämistä toiminnan tukena. Yritysesimerkissä tuli esille yksi tapa tämän toteuttamiseen käytännössä. Modum ratkaisi tämän ongelman yhdistämällä datan kerääjän lohkoketjuun, johon kerätty tieto siirrettiin älysopimuksien tukemana. Älysopimukset tarkistavat kerääjän tiedon oikeellisuuden ennen tietojen siirtämistä.

Toimitusketjun kulutekijät muodostuvat tehdyistä työtunneista, varastoinnista, menetetyistä myynnistä, varkauksista ja tilauskuluista. Näiden osalta lohkoketjujen vaikutus ei tutkimuksen perusteella näy kovin vahvasti yksittäisen yrityksen sisällä. Positiivisia vaikutuksia huomataan kuitenkin toimitusketjun pisteiden välisen informaatiovirran toimivuudessa. Maailmanpankin raportissa esitettiin esimerkiksi tieto- ja viestintäteknologioiden saatavuus ja käyttö vaikuttavaksi seuraukseksi, joka johtuu globaalien toimitusketjujen esteistä. Tämä seuraus esitettiin vaikuttavan negatiivisesti kustannuksiin ja myöhästymisten lisääntymiseen toimitusketjuissa. Tällä tasolla lohkoketjuja voitaisiin hyödyntää tiedon jakamisen yhdistämisessä. Käytännössä tämä tapahtuisi liittämällä kaikki toimitusketjun sidosryhmät samaan lohkoketjuun, jonka kautta tietoa voitaisiin jakaa tarvittaessa. Tämä vähentäisi tarvittavaa kommunikaatiota osapuolien välillä ja mahdollistaisi erilaisten fyysisten dokumenttien digitalisoimisen luotettavasti järjestelmään, josta niitä voitaisiin myös siirtää eteenpäin.

Toimitusketjuissa tiedon varmistaminen on tällä hetkellä hyvin hankalaa. Tietoa muiden osapuolien toiminnasta voidaan kerätä, mutta sen oikeellisuudesta ei voida olla täysin varmoja. Tiedon ylläpitäminen lohkoketjussa antaisi jokaiselle mahdollisuuden tarkastella tuotteiden alkuperää ja kulkeutumista toimitusketjussa. Luotettavan tiedon perusteella voitaisiin tehdä entistä laadukkaampia analyysejä muiden osapuolien toiminnasta ja myös yrityksen omasta tehokkuudesta. Tuotetietojen tarkastelua voitaisiin laajentaa myös kuluttajille. Tutkimuksen

perusteella kuluttajat ovat kasvavasti kiinnostuneita käyttämiensä tuotteiden alkuperästä. Kuluttajien tiedonsaantia pitäisi kuitenkin rajoittaa vain oleelliseen ja järjestelmän tulisi tukea erillistä kuluttajaystävällistä versiota, jonka voisi asentaa esimerkiksi suosituimmista mobiilisovelluskaupoista.

Kolmas työssä esitetty osatutkimuskysymys oli:

3. Minkälaisen toimintaympäristön lohkoketjujen hyödyntäminen vaatisi?

Toimintaympäristö on suuri rajoite lohkoketjuteknologian käyttöönottamiselle. Sulava käyttöönotto vaatisi yrityksiltä valmiiksi hyvää IT -infrastruktuuria, jonka päälle voitaisiin liittää uusia teknologioita. On myös otettava huomioon, että tätä vaaditaan toimitusketjun jokaiselta osapuolelta, jotta järjestelmä olisi yhtenäinen. Lohkoketjujen tuoma lisäarvo laskee huomattavasti, jos kerätyssä datassa on paljon aukkoja tai lohkoketjun informaatiovirta toimii vain osittaisesti muutamien osapuolien välillä.

Tutkimuksen perusteella aiheesta kiinnostuneiden yritysten olisi kannattavinta keskittyä ensisijaisesti palveluntarjoajiin, kuten Modum. Omien ratkaisuiden toteuttaminen vaatisi yrityksiltä paljon aikaa, pääomaa ja osaamista. Palveluntarjoajat hoitavat lohkoketjun ylläpitämisen, tarvittavat laitteet ja sovellukset yrityksen puolesta, jolloin kynnys uuden teknologian integroimiseen omaan toimintaan pienenee. Ongelmaksi voi kuitenkin muodostua riippuvuus palveluntarjoajasta tulevaisuudessa. Yhtenäinen toiminta vaatisi koko toimitusketjun sitoutumista palveluntarjoajan järjestelmän käyttöön. Yritykset saisivat parannettua tiedon oikeellisuutta ja tuotteiden seurattavuutta, mutta olisivat hyvin riippuvaisia palveluntarjoajan tuotekehityksestä ja asiakaspalvelusta tulevaisuudessa. Lisäksi tällä hetkellä ei välttämättä löydy vielä valmiita ratkaisuja, jotka tarjoaisivat kaikki tässä työssä käsitellyt ominaisuudet. Esimerkiksi Modumin ratkaisu toimituksien seurantaan jättää kokonaan huomioimatta tuotetietojen reaaliaikaisen tarkastelun. Kerätty data pysyy muuttumattomana, mutta päivittyy lohkoketjuun vasta vastaanottajalla. Syynä tähän oli todennäköisesti ratkaisun yksinkertainen integrointi asiakkaan nykyiseen toimintaan, mutta siitä seurasi tämän toiminnon jättäminen kokonaan pois.

Toimintaympäristöä tarkasteltaessa on myös otettava huomioon mahdollisuus käyttää systeemiä, jossa tiedon tallennukseen ja välittämiseen käytettäisiin keskitettyä tietokantaa, jonka ylläpitäminen olisi kolmannen osapuolen vastuulla. Tämä eroaisi lohkoketjuratkaisusta informaatiovirran läpinäkyvyyden ja muuttumattomuuden osalta. Tällainen ratkaisu olisi huomattavasti yksikertaisempi, jonka takia sen toteuttaminen vaatisi vähemmän resursseja. Lohkoketjuton ratkaisu olisi yrityksille kannattava, jos tiedon oikeellisuuteen toimitusketjussa voisi luottaa täysin.

8 LÄHTEET

Arora, R., Gautam, A. & Sahni, S. 2017. Global Positioning System. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 46(2), s. 80-83.

Awaysheh, A. & Klassen, R. D. 2010. The impact of supply chain structure on the use of supplier socially responsible practices. *International Journal of Operations & Production Management*, 30(12), s. 1246-1268.

Barcoding (2019). FAQs on RFID Technology and RFID Systems. [verkkodokumentti]. [viitattu 02.12.2019]. Saatavilla: <https://www.barcoding.com/resources/frequently-asked-questions-faq/rfid-faqs/>

Beck, R., Czepluch, J., Lollike, N. & Malone, S. 2016. Blockchain – The Gateway to Trust-Free Cryptographic Transactions. [tutkimuspaperi]. [viitattu 10.06.2019]. Saatavissa: https://aisel.aisnet.org/ecis2016_rp/153/.

Carson, B., Romanelli, G., Walsh, P. & Zhumaev, A. 2018. Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value?. [raportti]. [viitattu 10.06.2019]. Saatavissa: <https://cybersolace.co.uk/CySol/wp-content/uploads/2018/06/McKinsey-paper-about-Blockchain-Myths.pdf>.

Chapron, G. 2017. The environment needs cryptogovernance. [WWW-dokumentti]. [viitattu 10.06.2019]. Saatavissa: <https://www.nature.com/news/the-environment-needs-cryptogovernance-1.22023>.

Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S. & Kalyanaraman, V. 2016. BlockChain Technology: Beyond Bitcoin. [raportti]. [viitattu 10.06.2019]. Saatavissa: <https://j2-capital.com/wp-content/uploads/2017/11/AIR-2016-Blockchain.pdf>.

Deloitte (2018). Deloitte's 2018 global blockchain survey. [verkkodokumentti]. [viitattu 05.10.2019]. Saatavilla:

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/financial-services/cz-2018-deloitte-global-blockchain-survey.pdf>

Disruptordaily (2019). Blockchain in Supply Chain Management Use Case #1: Modum. [verkkodokumentti]. [viitattu 19.12.2019]. Saatavilla:

<https://www.disruptordaily.com/blockchain-supply-chain-management-use-case-modum/>

Feng, Xia et al. 2012. Internet of Things. [verkkoartikkeli]. [viitattu 26.11.2019] Saatavilla:

[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36946966/danainfo.acppwiszgmkn2n0u279qu76contentserver.pdf?response-content-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36946966/danainfo.acppwiszgmkn2n0u279qu76contentserver.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInternet_of_Things.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191126%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191126T113601Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=29b982e69b54ab5b5e2bb0950e66855fd4b076b76992331e157f7523490d01e8)

[disposition=inline%3B%20filename%3DInternet_of_Things.pdf&X-Amz-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36946966/danainfo.acppwiszgmkn2n0u279qu76contentserver.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInternet_of_Things.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191126%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191126T113601Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=29b982e69b54ab5b5e2bb0950e66855fd4b076b76992331e157f7523490d01e8)

[Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36946966/danainfo.acppwiszgmkn2n0u279qu76contentserver.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInternet_of_Things.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191126%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191126T113601Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=29b982e69b54ab5b5e2bb0950e66855fd4b076b76992331e157f7523490d01e8)

[Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191126%2Fus-east-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36946966/danainfo.acppwiszgmkn2n0u279qu76contentserver.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInternet_of_Things.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191126%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191126T113601Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=29b982e69b54ab5b5e2bb0950e66855fd4b076b76992331e157f7523490d01e8)

[1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191126T113601Z&X-Amz-Expires=3600&X-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36946966/danainfo.acppwiszgmkn2n0u279qu76contentserver.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInternet_of_Things.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191126%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191126T113601Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=29b982e69b54ab5b5e2bb0950e66855fd4b076b76992331e157f7523490d01e8)

[Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36946966/danainfo.acppwiszgmkn2n0u279qu76contentserver.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInternet_of_Things.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191126%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191126T113601Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=29b982e69b54ab5b5e2bb0950e66855fd4b076b76992331e157f7523490d01e8)

[Signature=29b982e69b54ab5b5e2bb0950e66855fd4b076b76992331e157f7523490d01e8](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36946966/danainfo.acppwiszgmkn2n0u279qu76contentserver.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInternet_of_Things.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191126%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191126T113601Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=29b982e69b54ab5b5e2bb0950e66855fd4b076b76992331e157f7523490d01e8)

Furlonger, D. & Uzureau, C. 2019. The Real Business of Blockchain. Harward Business School. USA.

Google Trends. 2019. Year in Search 2017. [verkkosivu]. [viitattu 10.06.2019].

Saatavissa: <https://trends.google.com/trends/yis/2017/GLOBAL/>.

Gorilovsky, D., Kozlov, N. 2019. What to Expect From the Telegram Open Network: A Developer's Perspective. [verkkoartikkeli]. [viitattu 01.12.2019]. Saatavilla:

<https://cointelegraph.com/news/what-to-expect-from-the-telegram-open-network-a-developers-perspective>

Hackius, N. & Petersen, M. 2017. Blockchain in logistics and supply chain: Trick or treat?

Hugos, M. 2003. *Essentials of Supply Chain Management*. John Wiley & Sons, Inc: New Jersey.

Imkamp, H. 2000. The Interest of Consumers in Ecological Product Information Is Growing – Evidence From Two German Surveys. *Journal of Consumer Policy*, 23(2), s. 193-202.

Kshetri, N. 2018. 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, s. 80-89.

Laequddin, M., Sahay, B., Sahay, V. & Abdul Waheed, K. 2010. Measuring trust in supply chain partners' relationships. *Measuring Business Excellence*, 14(3), s. 53-69.

Li, T., Tong, S., Zhang, H. 2014. Transparency of Information Acquisition in a Supply Chain. *Manufacturing & Service Operations Management*, 16(3), s. 412-424.

Lin, W. & He, Z. 2018. *Blockchain Disruption and Smart Contracts*. IDEAS Working Paper Series from RePEc.

Massey, R., Pawczuk, L. & Schatsky, D. 2018. *Deloitte's 2018 global blockchain survey*. [raportti]. [viitattu 10.06.2019].

Saatavissa: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/financial-services/cz-2018-deloitte-global-blockchain-survey.pdf>.

MC Kinsey (2019). *Supply Chain 4.0*. [verkkodokumentti]. [viitattu 26.11.2019]. Saatavissa: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/supply-chain-40--the-next-generation-digital-supply-chain>

Perret, E. 2014. *Radio frequency identification and sensors: From RFID to chipless RFID*. London: ISTE Ltd.

Modum (2019a). *About Us: A Reliable and Agile*. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.12.2019]. Saatavilla: <https://modum.io/company/aboutus>

Modum (2019b). Overcoming Challenges in the Digital Supply Chain. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.12.2019]. Saatavilla: <https://modum.io/solutions/overview>

Modum (2019c). Next Generation Temperature Monitoring. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.12.2019]. Saatavilla: <https://modum.io/solutions/modsense>

Modum (2019d). Automate Your Supply Chain. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.12.2019]. Saatavilla: <https://modum.io/solutions/modlink>

Modum (2019e). Advanced Analytics and Prediction. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.12.2019]. Saatavilla: <https://modum.io/solutions/modsight>

Modum (2019f). Designed for Healthcare – Powered by Blockchain and IoT. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.12.2019]. Saatavilla: <https://modum.io/applications>

Nakamoto, S. 2019. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. [verkkodokumentti]. [viitattu 26.10.2019]. Saatavilla: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Oliverwyman (2019). Blockchain: The Backbone of Digital Supply Chains. [verkkodokumentti]. [viitattu 19.12.2019]. Saatavilla: <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2017/jun/blockchain-the-backbone-of-digital-supply-chains.html>

Ravi, N., Dandekar, N., Mysore, P., Littman, M. 2005. Activity Recognition from Accelerometer Data. [verkkoartikkeli]. [viitattu 26.11.2019]. Saatavilla: <http://new.aaai.org/Papers/IAAI/2005/IAAI05-013.pdf>

Ringsberg, H.A. & Mirzabeiki, V. 2014, "Effects on logistic operations from RFID- and EPCIS-enabled traceability", *British Food Journal*, vol. 116, no. 1, s. 104-124.

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J. & Shen, L. 2019. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), s. 2117-2135.

Saveen, A. & Radmehr, M. 2016. BLOCKCHAIN READY MANUFACTURING SUPPLY CHAIN USING DISTRIBUTED LEDGER. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 05(09), s. 1-10.

Stadtler, H. 2005. Supply chain management and advanced planning - basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*, s. 575-588.

Tian, F. 2016. An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology.

Traficom (2019). Ajoneuvon liikennekäyttöönnotto. [verkkodokumentti]. [viitattu 19.12.2019]. Saatavilla: <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/ajoneuvon-liikennekayttoonotto>

Tungsten Network (2019). Supply chain friction costs businesses 6,500 hours a year. [verkkodokumentti]. [viitattu 30.11.2019]. Saatavilla: <https://www.tungsten-network.com/press-releases/2017-supply-chain-friction-costs-businesses-6-500-hours-a-year/>

Underwood, S. 2016. Blockchain Beyond Bitcoin. [verkkodokumentti]. [viitattu 26.11.2019]. Saatavilla: <https://www.cs.helsinki.fi/u/jilu/paper/blockchain03.pdf>

Ustundag, A. & Tanyas, M. 2009. The impacts of Radio Frequency Identification (RFID) technology on supply chain costs. *Transportation Research Part E*, 45(1), s. 29-38.

Visa (2019). About VisaNet. [verkkodokumentti]. [viitattu 01.12.2019]. Saatavissa: <https://usa.visa.com/about-visa/visanet.html>

Vyas, N., Beije, A., Krishnamachari, B. 2019. Blockchain and the Supply Chain. Kogan Page Ltd. USA.

Worldbank (2013). Enabling Trade: Valuing Growth Opportunities. [verkkodokumentti].
[viitattu 30.11.2019]. Saatavissa:
http://www3.weforum.org/docs/WEF_SCT_EnablingTrade_Report_2013.pdf

Zhu, L. k., Gai, K. k. & Li, M. k. 2019. Blockchain Technology in Internet of Things. 1st ed.
2019. Cham: Springer International Publishing.