

VALTIONEUVOSTON  
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

Jarno Salonen, Kimmo Halunen, Heidi Korhonen,  
Jaakko Lähteenmäki, Pasi Pussinen, Visa Vallivaara,  
Teemu Väisänen, Peter Ylén

## Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet ja hyödyt sosiaali- ja terveydenhuollossa

Tammikuu 2018

Valtioneuvoston selvitys-  
ja tutkimustoiminnan  
julkaisusarja 80/2017

# KUVAILULEHTI

<b>Julkaisija ja julkaisuaika</b>	Valtioneuvoston kanslia, 8.1.2018		
<b>Tekijät</b>	Jarno Salonen, Kimmo Halunen, Heidi Korhonen, Jaakko Lähtemäki, Pasi Pussinen, Visa Vallivaara, Teemu Väisänen, Peter Ylén		
<b>Julkaisun nimi</b>	Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet ja hyödyt sosiaali- ja terveydenhuollossa		
<b>Julkaisusarjan nimi ja numero</b>	Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 80/2017		
<b>Asiasanat</b>	kryptografia, tietokannat, sähköinen asiointi, sähköiset palvelut		
<b>Julkaisun osat/ muut tuotetut versiot</b>	18/2017; Policy Brief - Lohkoketjuteknologia avaa uusia mahdollisuuksia terveyden ja hyvinvoinnin edistämiseen		
<b>Julkaisuaika</b>	Tammikuu, 2018	<b>Sivuja</b> 67	<b>Kieli</b> Suomi

## Tiivistelmä

Sosiaali- ja terveystaloudelliset palvelut ovat huomattava julkinen kuluerä: maakuntien sote-tehtävien kustannuksiksi on arvioitu 18,7 mrd. euroa. Sosiaali- ja terveydenhuollon tehostamiseksi toteutetaan uudistusta, jonka keskeisenä ajatuksena on perusterveydenhuollon vahvistaminen ja painopisteen siirto sairauksien hoidosta terveyden ja hyvinvoinnin ylläpitoon. Uudistuksessa tähdätään 3 mrd. euron säästöihin.

VTT:n toteuttamassa hankkeessa ”Lohkoketjuteknologian hyödyntämisen mahdollisuudet ja hyödyt” selvitettiin erilaisia lohkaketju- ja älysovimusratkaisuja sekä arvioitiin, miten näitä teknologioita voitaisiin hyödyntää sosiaali- ja terveydenhuollossa. Hankkeessa on pyritty hahmottamaan erityisesti lohkoketjujen mahdollista roolia terveydenhuoltoon tukevassa ICT-infrastruktuurissa ottaen huomioon sote-uudistuksen säästöavoitteet.

Hankkeen tuloksena syntyi tietoa lohkoketjun hyödyntämismahdollisuuksista annetussa kontekstissa sekä ehdotuksia toimintamalleista ja -tavoista, millä lohkoketjuteknologia voidaan ottaa käyttöön terveydenhuollossa ja muissa hyvinvointia tukevilla palveluilla.

**LIITE 1:** Haastatellut organisaatiot

**LIITE 2:** Haastattelukysymykset (sote-toimijat)

**LIITE 3:** Haastattelukysymykset (lohkoketju- ja muut toimijat)

**LIITE 4:** Hankkeen ulkoiseen työpajaan osallistuneet organisaatiot

**LIITE 5:** Ulkoisen työpajan tulokset

**LIITE 6:** Muita lohkoketjutoimijoita

**LIITE 7:** Lisämateriaalia älysovimusalustoista

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2017 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokayttoon.fi).

Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

# PRESENTATIONSBLAD

<b>Utgivare &amp; utgivningsdatum</b>	Statsrådets kansli, 8.1.2018		
<b>Författare</b>	Jarno Salonen, Kimmo Halunen, Heidi Korhonen, Jaakko Lähteenmäki, Pasi Pussinen, Visa Vallivaara, Teemu Väisänen, Peter Ylén		
<b>Publikationens namn</b>	Möjligheter och fördelar med blockkedjeteknik inom social- och hälsovården		
<b>Publikationsseriens namn och nummer</b>	Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 80/2017		
<b>Nyckelord</b>	kryptering, databaser, e-tjänster, elektroniska tjänster		
<b>Publikationens delar /andra producerade versioner</b>	18/2017; Policy Brief - Lohkoketjuteknologia avaa uusia mahdollisuuksia terveyden ja hyvinvoinnin edistämiseen		
<b>Utgivningsdatum</b>	Januari, 2018	<b>Sidantal</b> 67	<b>Språk</b> Finska

## Sammandrag

Social- och hälsovårdstjänster utgör en ansevärd offentlig utgiftspost: kostnaderna för landskapens uppgifter inom social- och hälsovårdsreformen har beräknats uppgå till 18,7 miljarder euro. För att effektivisera social- och hälsovården genomförs en reform vars främsta syfte är att stärka primärvården och flytta tyngdpunkten av den från behandling av sjukdomar till upprätthållande av hälsa och välmående. Med reformen har man för avsikt att göra inbesparingar på 3 miljarder euro.

I projektet "Möjligheter och fördelar med att utnyttja blockkedjeteknik" som genomförts av VTT utreddes olika lösningar med blockkedjor och smarta kontrakt, samt gjordes en utvärdering av hur denna teknik kunde utnyttjas inom social- och hälsovården. Ett syfte med projektet har varit att utforma i synnerhet blockkedjornas eventuella roll i den ICT-infrastruktur som stöder hälsovården med beaktande av sparmålen inom social- och hälsovårdsreformen.

Som en följd av projektet uppkom information om möjligheterna att utnyttja blockkedjor i en given kontext och förslag till verksamhetsmodeller och -sätt, med hjälp av vilka blockkedjeteknik kan tas i bruk inom hälsovården och andra tjänster som stöder välmående.

**Bilaga 1** Intervjuade organisationer

**Bilaga 2** Intervjufrågor (aktörer inom social- och hälsovårdsreformen)

**Bilaga 3** Intervjufrågor (blockkedje- och andra aktörer)

**Bilaga 4** Organisationer som deltagit i en extern workshop i projektet

**Bilaga 5** Resultaten av den externa workshopen

**Bilaga 6** Andra blockkedjeaktörer

**Bilaga 7** Ytterligare material om plattformar för smarta kontrakt

Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan för 2017 ([tietokayttoon.fi/sv](http://tietokayttoon.fi/sv)).

De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

## DESCRIPTION

<b>Publisher and release date</b>	Prime Minister's Office, 8.1.2018		
<b>Authors</b>	Jarno Salonen, Kimmo Halunen, Heidi Korhonen, Jaakko Lähteenmäki, Pasi Pussinen, Visa Vallivaara, Teemu Väisänen, Peter Ylén		
<b>Title of publication</b>	Opportunities and benefits of blockchain technology in social and health care		
<b>Name of series and number of publication</b>	Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 80/2017		
<b>Keywords</b>	cryptography, databases, e-services, electronic services		
<b>Other parts of publication/ other produced versions</b>	18/2017; Policy Brief - Lohkoketjuteknologia avaa uusia mahdollisuuksia terveyden ja hyvinvoinnin edistämiseen		
<b>Release date</b>	January, 2018	<b>Pages</b> 67	<b>Language</b> Finnish

### Abstract

Social and health services are a major item of public expenditure: the estimated cost of social and health care tasks performed by Finnish provinces is EUR 18.7 billion. The reform is being enacted to enhance social and health care in Finland, with the principal idea of enhancing primary health care and shifting the focus from treating illnesses to maintaining health and well-being. Savings of EUR 3 billion are being sought through the reform.

In a project implemented by VTT, "The opportunities and benefits of blockchain technology", various blockchain and smart contract solutions were investigated and an evaluation was performed of how these technologies can be used in social and health care. In particular, the project sought to outline the role blockchains might play in an ICT infrastructure supporting health care, while taking account of the savings objectives of the social and health care reform.

The project resulted in information on the potential for exploiting a blockchain in the given context, and suggestions for operating models and practices, which enable blockchain technology to be deployed in healthcare and other services that support well-being.

**Appendix 1** Interviewed organisations

**Appendix 2** Interview questions (operators involved in the social and health care reform)

**Appendix 3** Interview questions (blockchain and other operators)

**Appendix 4** Organisations participating in the project's external workshop

**Appendix 5** Results of external workshop

**Appendix 6** Other blockchain operators

**Appendix 7** Additional materials about smart contract platforms

This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research for 2017 ([tietokaytoon.fi/en](http://tietokaytoon.fi/en)).

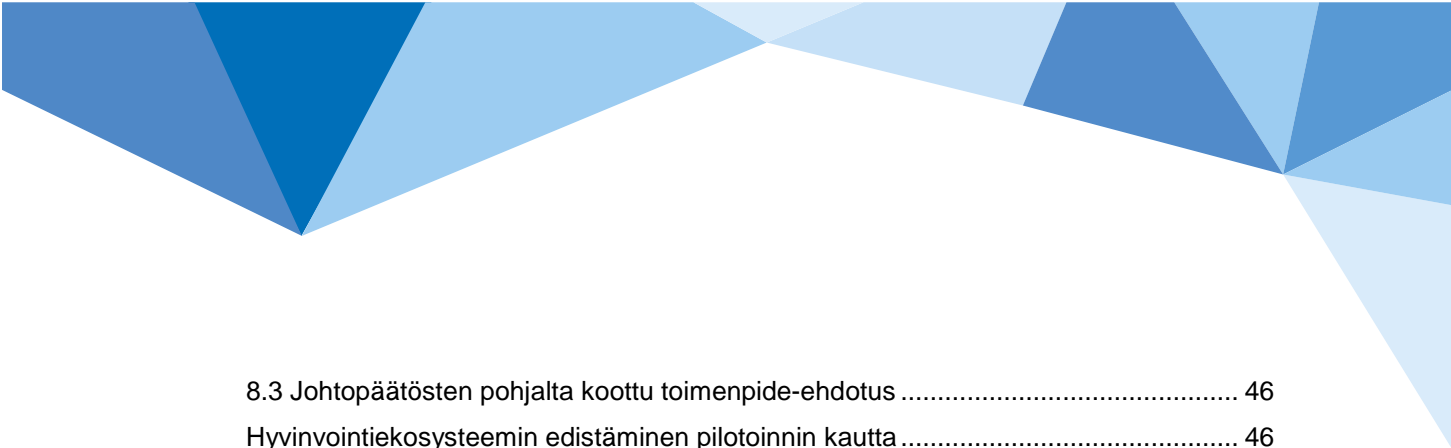
The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.



# SISÄLLYS

<b>1. JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tausta .....	1
Sote-uudistus ja säästötavoitteet .....	1
Lohkoketjuteknologia .....	1
Tutkimushanke .....	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet .....	2
1.3 Määritelmät .....	2
1.4 Hankkeen rakenne ja rajaukset .....	3
<b>2. AINEISTOT JA MENETELMÄT .....</b>	<b>5</b>
2.1 Hankkeen tutkimusaineisto .....	5
2.2 Työpajatoiminta .....	6
Ulkoinen työpaja .....	6
Sisäinen työpaja .....	7
<b>3. TIETOJEN KÄSITTELY JA TURVAAMINEN LOHKOKETJUTEKNOLOGIAN AVULLA 8</b>	<b>8</b>
3.1 Yleiskuva .....	8
3.2 Lohkoketjujen mahdollisuuksia .....	10
Lohkoketjujen mahdollisuudet teknologianäkökulmasta tarkasteltuna .....	10
Tietojen välitys ja varmentaminen lohkoketjujen avulla .....	12
3.3 Tietojen turvaaminen lohkoketjuissa .....	13
3.4 Lohkoketjujen tulevaisuus .....	17
<b>4. MAKSULIIKENNE JA ÄLYSOPIMUKSET .....</b>	<b>19</b>
4.1 Yleiskuva .....	19
4.2 Esiin nousseet lohkoketjuesimerkit .....	19
4.3 Löydöksiä ja pohdintaa .....	21
Asiantuntijoiden näkemyksiä maksuliikenteestä ja sopimuksista .....	23
4.4 Tulevaisuus .....	24
<b>5. SÄHKÖISET SOTE-PALVELUT .....</b>	<b>26</b>
5.1 Yleiskuva .....	26
5.2 Lohkoketjuteknologian hyödyntäminen sähköisissä sote-palveluissa .....	26

Tulokset.....	26
5.3 Haastattelutulosten arviointia.....	30
Yleistä.....	30
Omahoitopalvelujen ja –sovellusten hyväksyntä .....	31
Yksilökeskeinen suostumusten hallinta ja identiteetti .....	32
Sähköisiin palveluihin liittyvät sopimukset ja maksut.....	34
Tietorakenteet .....	34
Motivointi .....	35
5.4 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset .....	35
<b>6. KANSAINVÄLINEN NÄKÖKULMA .....</b>	<b>36</b>
6.1 Yleiskuva.....	36
6.2 Tulokset.....	36
Guardtime .....	36
TEHIK.....	37
Helmes .....	38
6.3 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset .....	39
<b>7. HYVINVOINTIA EDISTÄVÄN EKOSYSTEEMIN VISIO .....</b>	<b>40</b>
7.1 Hyvinvointia edistävä ekosysteemi tuo moninkertaista hyötyä.....	40
Palvelujärjestelmän keskiössä ennakoiva hyvinvoinnin edistäminen .....	40
Uutta liiketoimintaa ja vientiä .....	40
7.2 Lohkoketjujen hyödyntäminen hyvinvointia edistävän ekosysteemin toteutuksessa.....	40
Hyvinvointisovellusten ja -palvelujen liittäminen osaksi sote-palvelujärjestelmää.....	40
Uusien markkinoiden luominen.....	42
Vaikutusten todentaminen .....	43
Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset .....	43
<b>8. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....</b>	<b>44</b>
8.1 Yleiskuva.....	44
8.2 Selvityksen pohjalta syntyneet johtopäätökset .....	44
Johtopäätökset liittyen tietojen käsittelyyn ja turvaamiseen .....	44
Johtopäätökset liittyen maksuliikenteeseen ja älysovimuksiin .....	45
Johtopäätökset liittyen sähköisiin sote-palveluihin .....	45
Johtopäätökset liittyen kansainväliseen näkökulmaan .....	45
Johtopäätökset liittyen hyvinvointia edistävän ekosysteemin visioon.....	46



8.3 Johtopäätösten pohjalta koottu toimenpide-ehdotus .....	46
Hyvinvointiekosysteemin edistäminen pilotoinnin kautta .....	46
<b>LIITE 1: Haastatellut organisaatiot .....</b>	<b>47</b>
<b>LIITE 2: Haastattelukysymykset (sote-toimijat) .....</b>	<b>48</b>
<b>LIITE 3: Haastattelukysymykset (lohkoketju- ja muut toimijat) .....</b>	<b>49</b>
<b>LIITE 4: Hankkeen ulkoiseen työpajaan osallistuneet organisaatiot.....</b>	<b>50</b>
<b>LIITE 5: Ulkoisen työpajan tulokset.....</b>	<b>51</b>
<b>LIITE 6: Muita lohkoketjutoimijoita.....</b>	<b>53</b>
<b>LIITE 7: Lisämateriaalia älysovimusalustoista .....</b>	<b>55</b>
<b>Lähteitä ja tausta-aineistoja .....</b>	<b>57</b>

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tausta

### Sote-uudistus ja säästötavoitteet

Sosiaali- ja terveystalvet ovat huomattava julkinen kuluerä: maakuntien sote-tehtävien kustannuksiksi on arvioitu 18,7 mrd. euroa<sup>1</sup>. Sosiaali- ja terveydenhuollon tehostamiseksi toteutetaan sote-uudistusta, joka siirtää järjestämisvastuun kunnilta maakunnille. Uudistuksen keskeisenä ajatuksena on perusterveydenhuollon vahvistaminen ja painopisteen siirto sairauksien hoidosta terveyden ja hyvinvoinnin ylläpitoon. Uudistuksessa tähdätään merkittäviin 3 mrd. euron säästöihin.

Säästöt on arvioitu saavutettavan erityisesti toimintoja keskittämällä ja sujuvoittamalla. Sote-uudistuksen yhteydessä tavoitellaankin uusia palvelun järjestämis- ja tuottamismalleja, jotka edellyttävät samalla tietojärjestelmien uudistamista. Sote- ja maakuntauudistuksen arvioidaan edellyttävän 1,5-2 mrd. euron julkisia ICT-investointeja<sup>2</sup>.

### Lohkoketjuteknologia

Samalla, kun ICT-infrastruktuuria päivitetään sote-uudistuksen yhteydessä, on hyödyllistä arvioida uusien teknologioiden soveltamismahdollisuuksia. Lohkoketjut ovat nopeasti nousseet laajaan tietoisuuteen erityisesti kryptovaluuttojen (mm. Bitcoin) toteutusteknologiana. Lohkoketju on lista toisiinsa linkitettyjä tapahtumia - esimerkiksi kryptografiaan perustuvien digitaalisten virtuaalivaluuttojen<sup>3</sup> tapauksessa digitaalisen rahan siirtoja yksilöiden tai organisaatioiden välillä. Tapahtumat varmennetaan ja linkitetään toisiinsa kryptografisin menetelmin siten, että lohkoketjun muuttaminen on käytännössä mahdotonta. Lohkoketjua ylläpidetään hajautetusti useilla palvelimilla ilman keskitettyä luotettua tahoa, mikä mahdollistaa tiedon säilymisen riippumatta yksittäisestä toimijasta.

Lohkoketjuille on hahmotettu käyttömahdollisuuksia sosiaali- ja terveydenhuollossa (Krawiec 2016). Esimerkiksi Dentacoin on hammashoitolalle suunniteltu sovellus, joka palkitsee asiakkaita ja hammaslääkäreitä digitaalisella rahalla yhteisölle tuotettavasta tiedosta kuten esimerkiksi palvelun laadun arvioinnista tai palautteesta (Dentacoin 2017). Kryptovaluuttojen ohella lohkoketjut ovat hyödynnettävissä myös muissa sovelluksissa, joissa tarvitaan tapahtumien varmentamista. Esimerkki tällaisesta sovelluksesta on verkkoon kytketyistä mittalaitteista ja antureista muodostuva IoT-järjestelmä (Internet of Things), jonka tuottamien tietojen luotettavuus ja alkuperä tulee varmentaa (Frost&Sullivan 2017).

### Tutkimushanke

VTT:n toteuttamassa hankkeessa ("Lohkoketjuteknologian hyödyntämisen mahdollisuudet ja hyödyt") selvitettiin erilaisia lohkoketju- ja älysovimusratkaisuja sekä arvioitiin, miten näitä teknologioita voitaisiin hyödyntää sosiaali- ja terveydenhuollossa<sup>4</sup>. Hankkeessa on pyritty

<sup>1</sup> <http://alueuudistus.fi/rahoitus/sote-rahoitus>

<sup>2</sup> Digitalisaatio SOTE- ja maakuntauudistuksessa, 19.4.2017 (<http://alueuudistus.fi/diaesitykset>)

<sup>3</sup> Yleisesti lyhempanä terminä käytössä on "kryptovaluutat".

<sup>4</sup> [http://tietokayttoon.fi/hankkeet/hanke-esittely/-/asset\\_publisher/lohkoketjuteknologian-hyodyntamisen-mahdollisuudet-ja-hyodyt](http://tietokayttoon.fi/hankkeet/hanke-esittely/-/asset_publisher/lohkoketjuteknologian-hyodyntamisen-mahdollisuudet-ja-hyodyt)



hahmottamaan erityisesti lohkoketjujen mahdollista roolia terveydenhuoltoa tukevassa ICT-infrastruktuurissa ottaen huomioon sote-uudistuksen säästötavoitteet.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Lohkoketjuteknologian hyödyntämisen mahdollisuudet ja hyödyt -hankkeessa tutkittiin, miten lohkoketjuteknologian avulla voidaan tehostaa sähköisiä sosiaali- ja terveyspalveluita maakuntakontekstissa.

Vastauksen selvittämiseksi hankkeessa tutkittiin lohkoketjun hyödyntämismahdollisuuksia erityisesti maksuliikenteen ja sopimushallinnan turvaamisessa ja sujuvoittamisessa, mutta myös laajemmin osana terveydenhuollon kokonaisvaltaista palveluketjua. Lohkoketjuteknologian mahdollisia soveltamiskohteita olivat asiakkaan valinnanvapautta tukevat tietojärjestelmäratkaisut, anonymiteettiä edellyttävät palvelut, sote-tietovarantojen hyödyntäminen tutkimuksessa ja sähköiset omahoitopalvelut. Hankkeessa kartoitettiin erilaisia lohkoketjuihin liittyviä toimintamalleja kotimaassa ja kansainvälisesti sekä vertailtiin jo olemassa olevien ratkaisuiden sopivuutta kotimaiseen toimintaympäristöön.

## 1.3 Määritelmät

Tässä luvussa on lueteltu raportin kannalta keskeisiä termejä ja niiden merkitys tämän raportin kontekstissa.

**Anonymisoinnilla** tarkoitetaan henkilötiedon tunnistettavuuden poistamista siten, että yhdistäminen rekisteröityyn ei enää ole mahdollista. (VAHTI 2016)

**Bitcoin** (BTC) on avoimeen lähdekoodiin pohjautuva kryptovaluutta. Se ei ole raha vaan vaihdannan väline, sillä se ei Suomen Pankin ilmoituksen mukaan täytä virallisen rahan tai maksupalvelulain mukaisen maksuvälineen kriteerejä. Sen käyttö perustuu maksajan ja maksunsaajan väliseen sopimukseen. Jotta voidaan olla varmoja kryptovaluutan oikeellisuudesta, koko tapahtumahistoria pitää sisällyttää tietokantaan.

**Federoinnilla** tarkoitetaan identiteettien yhdistämistä eli käyttäjän erillisten käyttäjäidentiteettien kytkemistä toisiinsa. (VAHTI 2008)

**ICO**, Initial Coin Offering, tarkoittaa esilouhittuja kolikkoja, joita yritykset myyvät markkinoille rahoittaakseen keksintönsä. Se on yleistynyt rahoitustapa, jossa lohkoketjun parissa työskentelevät yritykset luovuttavat sijoituksia vastaan omia esilouhittuja kryptovaluuttojaan. Jos hanke menestyy, näiden kryptovaluuttojen kurssi lähtee todennäköisesti nousuun ja sijoittajat voivat tehdä suuria voittoja. Näitä poletteja pidetään puoliksi hyväntekeväisyytenä ja puoliksi sijoituksena, eikä niitä ole vielä juurikaan testattu esimerkiksi juridisesti. Joka tapauksessa ne ovat saaneet yrityksille lisää pääomaa.

**Internet of Things<sup>5</sup> (Esineiden Internet, teollinen Internet)** on toisiinsa kytkettyjen tunnistettavissa olevien fyysisten laitteiden ja esineiden muodostama verkko.

---

<sup>5</sup> <https://www.techopedia.com/definition/28247/internet-of-things-iot>

**Lohkoketju** on tekniikka, jolla toisilleen vieraat toimijat voivat yhdessä tuottaa ja ylläpitää tietokantoja hajautetusti. Lohkoketju toteutetaan listana tai lokina transaktioista, joka jaetaan osallistujien kesken, jolloin sen voi todentaa monesta lähteestä ja koostaa sen perusteella tietokannan. Ensimmäinen merkittävä toteutus lohkoketjuteknologiasta tehtiin Bitcoin-kryptovaluuttaa varten

**Rekisterinpitäjä** on henkilötietolain mukaisesti henkilö, yhteisö, laitos tai säätiö, jonka käyttöä varten henkilörekisteri perustetaan ja jolla on oikeus määrätä henkilörekisterin käytöstä tai jonka tehtäväksi rekisterinpito on lailla säädetty (henkilötietolaki 1999/523).

**Viranomaispäätös** voidaan automaattisissa älysopimuskonteksteissa tulkita olevan luonteeltaan sopimus, jossa asetetaan sitovia ehtoja. Päätöksen erona tavallisiin sopimuksiin on siinä, että se on yksipuolinen eikä aina päätöksen kohteen kannalta vapaavalintainen.

**Älysopimus** on etukäteen tehty ja varmennettu looginen prosessi, joka tallennetaan ja kopioidaan jaetulla alustalla, yleensä lohkoketjuilla. Sopimukset ajetaan tietokoneiden vertaisverkossa ja siitä voi seurata uusia transaktioita rekisteriin, kuten kryptovaluutan automaattinen siirto. Toisin sanoen ne ovat pieniä ohjelmia, joiden toimintaperiaate on: "jos tämä tapahtuu niin tee tuo", jotka ajetaan ja varmennetaan useilla tietokoneilla luottamuksen varmentamiseksi. Jos lohkoketjut tarjoavat hajautetun luotettavan varaston, niin älysopimukset tarjoavat hajautetut luotettavat laskutoimitukset. (Lewis 2016)

Poiketen tekojen, puheen tai kirjoituksen avulla syntyvistä tavanomaisista sopimuksista, **älykäs sopimus** on ohjelmointikoodille rakentuva, itsensä toteuttava tietokoneohjelma. Älysopimuksiin syötetään dataa. Datan saadessa ehtojen määrittelemän arvon ajetaan syötteen laukaisemat toimenpiteet. Ne eivät siis ainoastaan määrittele sovittuja ehtoja ja korvauksia kuten perinteisissä sopimuksissa, vaan ne voivat automaattisesti valvoa niiden toteutumista. Älysopimuksia voi solmia keskenään useat erilaiset osapuolet ja ne voidaan myös ohjelmoida toimimaan kuin viranomaispäätös, jossa ei vaadita hyväksyntää sen kohteelta. Lisää älysopimuksista kannattaa lukea ETLA:n raportista (Lauslahti 2017).

**Älysopimusalustat** mahdollistavat sopimusten, päätösten ja asiakirjojen luomisen ja suorittamisen lohkoketjussa. Kryptovaluuttoja monimutkaisemmat transaktiot esitetään ohjelmointikielten avulla. Näille löytyy paljon potentiaalia myös terveydenhuoltoalalla. Ne mahdollistavat hajautettuja sovelluksia kuten mikromaksut, mainerekisterit, vakuudet ja joukkorahoitus. Taulukossa 3 esitellään nykyisiä alustoja sekä niiden eroja.

## 1.4 Hankkeen rakenne ja rajaukset

Hankkeen rakenne on esitetty kuvassa (Kuva 1). Ensimmäinen työpaketti keskittyi selvittämään lohkoketjuteknologian mahdollisuuksia tietojen käsittelyssä ja turvaamisessa erityisesti potilastietojen osalta. Toinen työpaketti keskittyi maksuliikenteen ja sopimusten tehostamiseen älysopimusten avulla ja siinä vertailtiin mm. erilaisia markkinoilla olevia älysopimusalustoja. Kolmas työpaketti käsitti hankkeessa toteutetut asiantuntijahaastattelut erityisesti sote-toimijoiden parissa ja sen tavoitteena oli selvittää lohkoketjuteknologian hyödyntämistä erityisesti sähköisten asiakaspalveluiden toteutuksessa. Neljännessä työpaketissa selvitettiin lohkoketjun teknologisia- ja liiketoimintamahdollisuuksia työpajatoiminnan kautta, mikä käsitti yhden ulkoisen (kutsuttuja henkilöitä haastateltujen organisaatioiden joukosta sekä muita aiheesta kiinnostuneita asiantuntijoita) ja yhden sisäisen (ohjausryhmän jäsenet) työpajan. Näiden työpajojen tuloksena syntyi hankkeen policy brief -julkaisu.

## **TP1. Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet tietojen käsittelyssä ja turvaamisessa**

- T1.1 Lohkoketjujen hyödyntäminen potilastietojen varastoinnissa ja ylläpidossa
- T1.2 Tietojen välitys ja varmentaminen lohkoketjujen avulla
- T1.3 Tietojen turvaaminen lohkoketjuissa

## **TP2. Maksuliikenne ja sopimukset**

- T2.1 Maksuliikenteen ja sopimusten tehostaminen älysopimusten avulla
- T2.2 Älysopimuspalvelujen vertailu

## **TP3. Sähköiset asiakaspalvelut**

- T3.1 Haastattelut
- T3.2 Lohkoketjuteknologian hyödyntäminen sähköisissä asiakaspalveluissa

## **TP4. Integraatio ja yhteenveto**

- T4.1 Työpaja
- T4.2 Yhteenveto ja raportointi

*Kuva 1. Hankkeen rakenne*

Tutkimuksen tuloksena syntyi tietoa lohkoketjun hyödyntämismahdollisuuksista annetussa kontekstissa sekä ehdotuksia toimintamalleista ja -tavoista, millä lohkoketjuteknologia voidaan ottaa käyttöön sosiaali- ja terveydenhuollossa sekä muissa palveluissa.

## 2. AINEISTOT JA MENETELMÄT

### 2.1 Hankkeen tutkimusaineisto

Hankkeen tutkimusaineisto koostui pääasiassa työpaketissa kolme suoritetuista asiantuntijahaastatteluista sekä käytettävissä olleista julkisista ja muista lähteistä. Tutkimusta varten haastateltiin yhteensä 21 asiantuntijaa, jotka edustivat seuraavia näkökulmia:

- Sote/perusterveydenhuolto, uudet omahoitoratkaisut (1)
- Sote/perusterveydenhuolto, johtaminen (1)
- Sote/sairaanhoitopiiri&kunta, tietohallinto (3)
- Sote/kansallinen arkkitehtuuri (2)
- Sote/maakunta (1)
- Sote/innovaatiot ja tutkimus (2)
- Sote/yksityiset palvelut (1)
- Finanssi & talous (2)
- Liikenne (1)
- Lohkoketjuteknologia (7)

Haastateltujen organisaatioiden lista on esitetty raportin liitteessä (Liite 1). Haastatteluissa hyödynnettiin haastattelurunkoa, joka sisälsi kaksi osiota. Ensimmäisessä osiossa kartoitettiin nykytilan ongelmia sosiaali- ja terveydenhuollon sähköisissä palveluissa ja tiedonhallinnassa. Toisessa osiossa pyrittiin tarkemmin identifioimaan, miten lohkokejtuja voitaisiin tulevaisuudessa soveltaa näiden ongelmien ratkaisemisessa. Haastattelurunkoa sovellettiin tapauskohtaisesti, koska lohkokejuteknologian ja sen mahdollisuuksien syvälinen ymmärtäminen edellyttää teknistä taustaa. Toisen osion käsittely jätettiin lyhyeksi tapauksissa, joissa lohkokejuteknologia ei ollut haastateltavalle tuttua. Haastattelurungosta tehtiin kaksi eri versiota; sote-toimijoille tarkoitettu versio keskittyi enemmän terveydenhuollon sähköisiin palveluihin ja niiden kehittämiseen lohkokejuteknologian avulla, kun taas teknologiatoimijoille tarkoitettu versio pyrki kartoittamaan teknologian tilaa ja sen mahdollisuuksia laajemminkin kuin vain sote-alueella. Haastattelurungot on esitetty raportin liitteenä (Liite 2 ja Liite 3). Haastattelut käsittivät myös kolme haastattelua Virossa, joiden tarkoituksena oli selvittää sikkäläisiä lohkokejuteknologialla tehtyjä palvelutoteutuksia sekä lohkokejtuun mahdollisuuksia sote-toimialueella ja laajemmin. Viron haastattelut toteutettiin 1.-2.6.

Hankkeen ensimmäisessä työpaketissa suoritettua lohkokejuteknologian mahdollisuuksien kartoituksessa aineisto koostui pääosin kirjallisesta- ja verkkomateriaalista. Kartoitus sisälsi mm. eri lohkokejtutoimijoita kuvaavan taulukon koostamisen hankkeen tarkoituksiin, sekä muutaman Suomessa ja ulkomailla käytössä olevan lohkokejtutoteutuksen kuvauksen. Tarkoituksena oli arvioida toteutusten soveltuvuutta sote-ympäristöön Suomessa. Kirjallisen materiaalin tukena käytettiin myös työpaketissa 3 suoritettuja asiantuntijahaastatteluja, joita suoritettiin myös lohkokejtutoimijoille. Lohkokejtutoimijoiden koostaminen tehtiin verkkohakujen perusteella julkisesta internetistä ja uutisarkistoista. Startup-yrityksiä etsittiin lisäksi angel.co –sivustolta etsien lohkokejtuihin ja terveystoimialaan (hakusanat "blockchain" ja "health") erikoistuneita yrityksiä ja toimijoita.

Hankkeen toisessa työpaketissa suoritettu älyopimuslustojen kartoituksen aineistona käytettiin alan kirjallisuutta ja verkkomateriaalia. Työpaketissa seurattiin erityisesti kansallisen

tason lohkokeitjuhankkeita ja älysovimuksiin pohjautuvien sovellusten kehitystä. Lisäksi työpakettin aikana haastateltiin muutamia alalla toimivien organisaatioiden asiantuntijoita, jotka on esitetty osana haastateltavien listaa (Liite 1).

Hankkeen neljännen työpakettin tehtävänä oli koota aiemmissa työpaketeissa saadut tulokset yhteen sekä validoida ne työpajatyöskentelyn kautta. Työpakettissa neljä lähdeaineistona toimi aiemmissa työpaketeissa sekä asiantuntijahaastatteluiden pohjalta syntynyt aineisto, joiden analyysin perusteella muodostettiin työpajojen keskeinen sisältö.

## 2.2 Työpajatoiminta

Hankkeessa järjestettiin kaksi työpajaa, joiden tarkoituksena oli selvittää lohkokeitjun teknologia- ja liiketoimintamahdollisuuksia.

### Ulkoinen työpaja

Hankkeen ensimmäinen työpaja käsitti VTT:n projektiryhmän lisäksi 12 osallistujaa ohjausryhmästä, haastateltujen organisaatioiden joukosta sekä muutamia muita aiheesta kiinnostuneita asiantuntijoita. Puoli päivää kestänyt työpaja järjestettiin VTT:llä 12.9. ja se keskittyi hankkeen tulosten validointiin sekä konkreettisten jatkotoimenpide-ehtotusten keräämiseen osallistujilta. Työpajaan osallistuneet organisaatiot on listattu raportin liitteessä (Liite 4).

### Tulosten validointi

Työpajan ensimmäisessä osassa osallistujat jaettiin kahteen ryhmään, joista ensimmäinen tarkasteli tietojen käsittelyä ja turvaamista sekä maksuliikennettä ja sopimuksia. Toinen ryhmä keskittyi sähköisiin asiakaspalveluihin. Tulokset validoitiin työpajassa kaksivaiheisesti. Ensimmäisessä vaiheessa validoitiin ja priorisoitiin haastattelujen löydökset ja toisessa vaiheessa tarkasteltiin priorisoidujen lohkokeitjusovelluskohteiden sidosryhmiä ja käytännön implementaatiota.

Validointi vahvisti haastattelujen ja kirjallisuustutkimuksen tulokset. Validoituja tuloksia sekä suosituksia on esitetty tarkemmin luvussa 7. Hyvinvointia ylläpitävän ekosysteemin konsepti lohkokeitjuteknologiaa hyödyntäen nousi esiin uutena löydöksenä, joka ei haastatteluissa ollut yhtä keskeisessä asemassa.

### Konkreettisten jatkotoimenpide-ehtotusten kerääminen

Työpajan toisessa osuudessa ryhmät saivat tehtäväksi määritellä toimijakentän ja sen keskeiset sidosryhmät sekä tehdä konkreettisia toimenpide-ehtotuksia tulevaisuuteen. Ensimmäinen ryhmistä keskittyi terveyden edistämisen markkinoihin ja ekosysteemiin, kun toinen ryhmä käsitteli oman terveysdatan hallintaa ja käyttöä. Toimijakentän määrittelyssä kumpikin ryhmä käytti nelikenttää, johon listattiin tuottajat, kehittäjät, käyttäjät (asiakkaat) ja yhteiskunnalliset toimijat. Tulevaisuuden visioita hahmoteltiin 3x3 matriisin avulla, jossa käsiteltiin teknologiaa sekä toimijoita, sote-järjestelmää sekä trendejä ja toimintaympäristöä aika-akselin ollessa nykytila, lähitulevaisuus ja tulevaisuus. Kummankin ryhmän tuotokset on esitetty tämän raportin liitteessä (Liite 5) ja tuloksia on käsitelty tarkemmin luvussa 7.

## Sisäinen työpaja

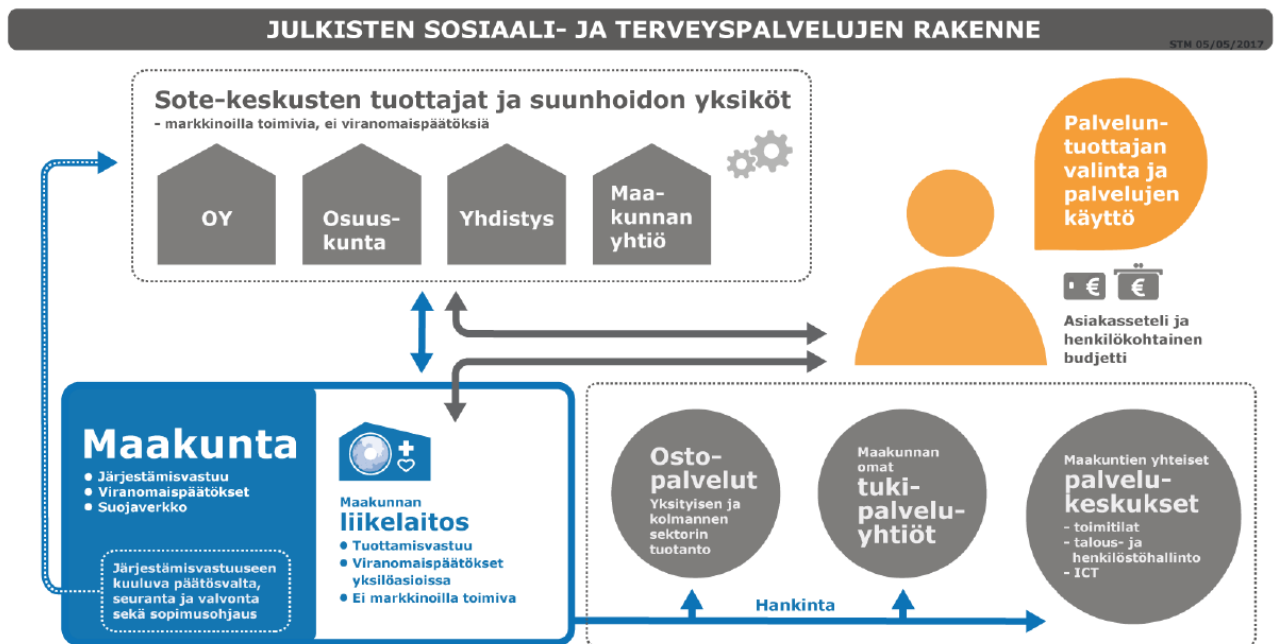
Hankkeen toinen työpaja keskittyi ensimmäisen työpajan tulosten konkretisointiin. Työpaja järjestettiin Valtiovarainministeriössä 3.10. VTT:n projektiryhmän sekä hankkeen ohjausryhmän kesken. Työpajan tuloksena kirjoitettiin policy brief -artikkeli sekä ohjelmarunko policy brief -seminaariin, joka järjestettiin 29.11.2017.

# 3. TIETOJEN KÄSITTELY JA TURVAAMINEN LOHKOKETJUTEKNOLOGIAN AVULLA

## 3.1 Yleiskuva

Lohkoketjuteknologian hyödyntämismahdollisuuksien arviointi on ajankohtaista erityisesti valmisteilla olevan sote- ja maakuntauudistuksen näkökulmasta.

Kuvassa (Kuva 2) on kuvattu sote-uudistuksessa tavoiteltu julkisten sosiaali- ja terveystalvelujen rakenne. Keskeinen toimija on maakunta, jolle kuuluu palvelujen järjestämisvastuu. Maakunta järjestää palvelut joko omana palvelutuotantona (maakunnan liikelaitos) tai hankkii palvelut ostopalveluna yksityisen tai kolmannen sektorin toimijalta. Lisäksi merkittävän osan palveluista tarjoavat sote-keskukset, jotka toimivat itsenäisesti, mutta maakunnan valvonnan ja sopimusohjauksen alaisuudessa. Valinnanvapausmalliin pohjautuen asiakas voi valita Sote-keskuksen, jossa haluaa asioida.



Kuva 2. Sote- ja maakuntauudistuksessa tavoiteltu julkisten sosiaali- ja terveystalvelujen rakenne<sup>6</sup>.

Uutta sote-palvelujen järjestämismallia tukee kuvassa (Kuva 3) esitetty korkean tason tietojärjestelmäarkkitehtuuri. Se nojautuu keskitettyihin kansallisiin palveluihin, joihin muut järjestelmät ja sovellukset kytkeytyvät avointen rajapintojen, integraatioiden ja kansallisen palveluytjän kautta.

<sup>6</sup> Sote- ja maakuntauudistus – valinnanvapausmalli, 12.5.2017, <http://alueuudistus.fi/diaesitykset>



Kuva 3. Sosiaali- ja terveydenhuollon tietojärjestelmäratkaisut (Pöysti 2017)

Sote- ja maakuntauudistuksen arvioidaan edellyttävän 1,5-2 mrd. euron ICT-investointeja (Pöysti 2017). Toiminnan digitalisoinnin hyötyjen arvioidaan toteutuvan 5-10 vuodessa. Merkittävimmiksi hyödyiksi arvioidaan:

- Päälekkäisyyksien karsinta, kilpailutus ja hankintojen yhdistely, IT-ylläpitotehtävien organisointi
- Potilastietojärjestelmien käytettävyyden parantaminen
- Uudet paremmat ICT-ratkaisut toiminnan sujuvoittajina
- Tietojärjestelmien valtakunnallinen yhteen toimivuus ja tiedonkulku (Kanta-palvelut ja KaPa-toiminnot)

Uudistus muuttaa merkittävästi nykyisiä toimintamalleja ja asettaa uusia vaatimuksia toimintaa tukeville tietojärjestelmille. Erityistä huomioita kiinnitetään kansalaisen tukemiseen oman terveytensä ylläpidossa. Tähän tähdätään omahoidon ja sähköisen asioinnin palvelujen kehittämällä ODA- ja Virtuaalisairaala –kärkihankkeissa.

Tietojärjestelmiä uudistettaessa samalla on syytä arvioida myös mahdollisuuksia hyödyntää uusia teknologioita, mm. lohkoketjuja. Lohkoketjuteknologia mahdollistaa monia sovelluksia tietojen käsittelyssä ja tietojen turvaamisessa. Tässä dokumentissa käydään läpi tällä hetkellä tunnettuja menetelmiä lohkoketjujen hyödyntämiseksi tietojen käsittelyssä ja turvaamisessa sekä pohditaan tulevaisuuden mahdollisuuksia. Lisäksi arvioidaan nykyisten toteutusten soveltuvuutta potilastietojärjestelmiin ja käydään läpi olemassa olevia teknologioita esimerkkien valossa. Raporttia varten on haastateltu lohkoketjualan asiantuntijoita sekä tutkittu olemassa olevaa materiaalia verkossa ja kirjallisuudessa.



## 3.2 Lohkoketjujen mahdollisuuksia

Lohkoketjut ovat tulleet tunnetuksi Bitcoin-virtuaalivaluutan myötä. Bitcoinissa lohkoketjurakenteella ylläpidetään tietoa tämän valuutan siirroista eri toimijoiden välillä sekä uusina bitcoineina maksettavista palkkioista näiden siirtojen varmentajille. Aluksi lohkoketjuratkaisuilla haettiin nimenomaan hyötyä arvon siirrossa mahdollisimman kitkattomasti (ja yleensä myös mahdollisimman anonyymisti) eri toimijoiden välillä. Bitcoinin lohkojen hyväksymismenetely eli ns. konsensusmekanismi on omiaan luomaan luottamusta täysin tuntemattomien tahojen välille, sillä se perustuu vahvaan kryptografiaan liittyvään laskennalliseen ongelmaan. Luottamusta toimijoiden välillä ei tarvita.

Lohkoketjuilla on nykyään huomattavasti enemmän erilaisia sovelluskohteita ja tämän myötä myös erilaisia konsensusmekanismeja ja luottamus- ja hallintorakenteita on syntynyt näiden lohkoketjujen ympärille. Näitä voidaan hyödyntää hyvin erilaisissa käyttötapauksissa, joista varsinaiseen arvon siirtämiseen eivät monetkaan suoraan liity.

Tietojen käsittelyyn ja turvaamiseen lohkoketjut tuovat uusia mahdollisuuksia aivan yleisesti kuin myös erityisesti sote-alalla. Yhtenä mahdollisuutena voidaan nähdä vaikkapa julkisten avainten hallinta, kuten vaikkapa Evernymin<sup>7</sup> tapauksessa. Toisaalta muuttumattomuutensa vuoksi lohkoketjut ovat tarjonneet uudenlaisen mahdollisuuden hallita myös fyysistä omaisuutta ja sen omistajuutta. Tästä esimerkkinä ovat timantit ja niiden aitouden varmentamiseen liittyvä Everledger-alusta<sup>8</sup>. Yleisesti ottaen on myös useita muita käyttökohteita, joista monet voivat olla hyödyllisiä myös sote-alalla ja muualla valtionhallinnossa. Taulukossa (Taulukko 2) on esitelty muutamia yrityksiä ja muita tahoja, jotka hyödyntävät lohkoketjuja.

### Lohkoketjujen mahdollisuudet teknologianäkökulmasta tarkasteltuna

Sosiaali- ja terveydenhuollon kansallinen tietojärjestelmäinfrastruktuuri pohjautuu tällä hetkellä keskitettyihin Kanta- ja Kansa-palveluihin. Paikalliset ja alueelliset potilaskertomusjärjestelmät toimittavat ao. lainsäädäntöön perustuen potilastiedot keskitettyyn Kanta-arkistoon, jossa tiedot ovat – potilaan suostumuksella - muiden terveydenhoitoyksiköiden käytettävissä. Vastaavaa arkkitehtuuria ollaan parhaillaan toteuttamassa sosiaalitoimen puolella (Kansa-palvelu). Lohkoketjuteknologian keskeinen hyöty – riippumattomuus keskitetystä auktoriteetista – jää tässä keskitetyssä mallissa saamatta, jolloin merkittävää hyötyä lohkoketjuteknologiasta ei ole odotettavissa potilas- ja asiakastietojen tallennuksessa.

On kuitenkin tunnistettavissa terveydenhoitoon liittyviä tietoryhmiä, joita keskitetty malli ei kata ja joissa lohkoketjuteknologialla on mahdollinen rooli. Erityisesti tällaisia ovat potilaan itse tekemien mittausten tulokset ja omat terveyshavainnot. Näitä käsitellään tarkemmin luvussa 5.

Seuraavassa käsitellään lohkoketjujen mahdollisuuksia teknologianäkökulmasta perustuen lohkoketjuteknologia -yrityksille tehtyihin haastatteluihin ja saatavissa olevaan materiaaliin.

Yhtenä päällimmäisenä ajatuksena lohkoketjujen hyödyntämiseksi sosiaali- ja terveysaloilla on potilastietojen varastointi ja ylläpito lohkoketjussa. Tällöin muutokset olisivat läpinäkyviä ja niitä voitaisiin seurata tarkasti. Lisäksi olisi mahdollista jakaa tietoja helpommin, mikäli eri

<sup>7</sup> <https://www.evernym.com>

<sup>8</sup> <https://www.everledger.io>

toteutukset olisivat yhteensopivia tai koko järjestelmä jopa keskitetty eli yksi yhteinen lohkoketju kaikelle potilastiedolle. Tätä tietovarantoa voisivat sitten eri tahot hyödyntää potilaan valtuutuksella lakien ja asetusten mukaisesti.

Guardtime on luonut lohkoketjualustan (KSI, Keyless Signature Infrastructure), jonka avulla se toteuttaa monia palveluja lohkoketjujen päällä. KSI varmentaa tiedon muuttumattomuuden hyödyntämällä julkista aikaleimausjärjestelmää sekä datasta laskettua kryptografista tiivistettä (hash-arvo). Dokumenttia ei voi muuttaa, muuttamatta samalla tiivistettä ja on liki mahdotonta luoda toista dokumenttia, jonka tiiviste olisi sama kuin annetulla dokumentilla. Näin ollen KSI:n avulla saadaan varmuus dokumenttien muutoksista (eri tiivisteet) sekä näiden muutosten järjestyksestä (aikaleimat).

Lohkoketjuja voidaan hyödyntää myös muualla kuin potilastietojärjestelmissä. Esimerkiksi Ruotsissa on tutkittu lohkoketjujen hyödyntämistä kiinteistö- ja maakaupoissa. Tällä alueella myös Suomessa on käytössä melko hidas järjestelmä, jossa rekisteri päivittyy pitkällä viiveellä kauppojen jälkeen ja lisäksi erillinen paperityö tuottaa mahdollisuuden virheisiin ja lisääntyneeseen byrokraatiaan. Ruotsissa maakauppojen yhteydessä vain 91% paperisista ja 94% sähköisistä hakemuksista rekisteriin hyväksyttiin (Lantmäteriet et al. 2016). Vanhan järjestelmän ongelmina nähtiin erityisesti hitaus ja se, että luotettava taho (Lantmäteriet) tuli mukaan kaupanteossa vasta hyvin myöhäisessä vaiheessa, minkä katsottiin heikentävän luottamusta järjestelmään ja mikä oli luonut muiden tahojen (pankit, välittäjät jne.) kesken lisääntyneitä byrokraatiaa.

Myös potilastietojen osalta lohkoketju tarjoaa mielenkiintoisia mahdollisuuksia. Nykyään on paljon erilaisia tietokantoja, joihin eri lähteestä tulevat tiedot tallennetaan ja näille voi olla eri ihmisillä eri oikeudet. Tässä tapauksessa voidaan erotella ainakin kaksi erillistä tapaa, jolla lohkoketjuja voidaan hyödyntää. Nämä voivat toimia erillisissä lohkoketjuissa tai samassa lohkoketjussa, jolloin ne toteutetaan yhtä aikaa.

Ensinnäkin lohkoketjua voidaan hyödyntää potilastietojen käsittelyn lokina. Tällöin itse potilastietoja ei välttämättä talleteta lohkoketjuun, mutta potilastietojen käsittelyt (lisäykset, muutokset, katselut jne.) talletetaan tietokannoista riippumattomaan lohkoketjuun. Myös pääsynvalvonta ja -hallinta voidaan toteuttaa lohkoketjuun. Erilaiset valtuutukset näkyisivät lohkoketjussa, josta ne voitaisiin tarkistaa aina, kun potilastietoja käsitellään. Tämän lisäksi itse käsittelystä tieto talletettaisiin lohkoketjuun. Tämä voisi lisätä järjestelmän läpinäkyvyyttä potilaiden osalta sekä oikeusturvaa silloin kun ulkopuoliset käyttävät terveystietoja väärin tai jos potilasta hoidetaan väärin perehtymättä uusimpiin mittaustietoihin tai terveystietoihin. Terveystietojen käsittelyn kytkeminen lohkoketjupohjaiseen lokikirjajärjestelmään estäisi Tampereen yliopistollisen sairaalan tapauksen kaltaiset virheet hyvin todennäköisesti (Aamulehti 2017).

Toinen vaihtoehto on tallettaa itse tiedotkin lohkoketjuun. Tällöin on huolehdittava tietojen salaamisesta, sillä oletusarvoisesti lohkoketjun tietoja pääsevät lukemaan muutkin kuin valtuutetut tahot. Valtuutukset voidaan toteuttaa monella tavoin ja yhtenä vaihtoehtona on tuoda ne mukaan samaan lohkoketjuun yllä esitetyn kaltaisesti. Tämä ratkaisu johtaa hyvin pian erilaisiin skaalautuvuusongelmiin, sillä lohkoketjun koko kasvaa sitä nopeammin mitä useammin ja mitä enemmän sinne talletetaan tietoa. Näin ollen kaiken potilastiedon tallettaminen lohkoketjuun ei ole mielekäästä ainakaan nykyisillä ratkaisulla.

Lohkoketjuun voi olla mielekäästä tallettaa eri potilastietojen tiivisteitä (hash-arvoja), joiden avulla tietojen muuttumattomuutta voidaan tarkastella. Tällöin varsinainen data olisi talletet-

tuna erillisissä tietovarastoissa, mutta tämän datan tiiviste olisi talletettu lohkoketjuun. Esimerkiksi virolaisen Guardtimen Keyless Signature Infrastructure (KSI) -järjestelmän avulla voidaan toteuttaa datan eheyden varmistaminen ilman erillistä julkisen avaimen järjestelmää. Tämä järjestelmä pohjautuu nimenomaan lohkoketjuun.

### Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

1. Lohkoketjuteknologia ei tule korvaamaan perinteisiä tietokantoja raa'an datan tallettamisen välineenä. Tällaisen kehityksen tukemiseen ei ole syytä lähteä julkisin varoin mukaan.
2. Tietojen ja tietokantojen ylläpidossa lohkoketjuilla on huomattava potentiaali. Jo nykyisillä ratkaisuilla voidaan toteuttaa dokumenttien aikaleimaus ja muuttumattomuuden varmistaminen (esim. KSI-lohkoketju). Edistyneemmillä menetelmillä voidaan luoda kokonaan uudenlainen, luotettava ja hajautettu tietojen käsittelyn lokikirja. Tällaisen lokikirjan toiminnallisuuden määrittäminen vastaamaan sosiaali- ja terveysalan vaatimuksia on suositeltavaa.
3. Laajemmin lohkoketjuilla voidaan toteuttaa digitaalisen identiteetin järjestelmiä (Esim. Liite 6 Sovrin), joiden avulla voidaan hallinnoida osaltaan myös henkilöiden terveys- ja sosiaalipalveluihin liittyvää dataa. On suositeltavaa mahdollistaa digitaalisen identiteetin täysimääräinen hyödyntäminen myös sote-alalla.

### Tietojen välitys ja varmentaminen lohkoketjujen avulla

Tietojen välitys lohkoketjujen avulla voisi edistää erilaisten palvelutarjoajien liiketoimintamahdollisuuksia sote-kentässä. Yhtenäiseen ja hajautettuun tietorakenteeseen talletettu ajantasainen tieto mahdollistaa potilaan tietojen siirtämisen eri palveluntarjoajien välillä lähes saumattomasti. Näin voidaan tukea esimerkiksi valinnanvapauden toteutumista.

Tällaisessa järjestelmässä on kuitenkin useita teknisiä haasteita, jotka tulee ratkaista. Ensimmäinen kysymys on, talletetaanko lohkoketjuun kaikki tieto vai vain viitteet tiedon sijainnista (sekä mahdolliset avaimet tiedon salauksen purkamiseksi). Ensiksi mainitussa ratkaisussa tiedon hajautus toimii parhaiten, sillä periaatteessa tieto on kaikilla järjestelmään osallistuvilla tahoilla. Tällöin on kuitenkin huolehdittava tietojen salaamisesta erittäin hyvin ja purkamisen tulee tapahtua vain tiedon loppukäyttäjien laitteilla.

Toisessa vaihtoehdossa lohkoketjun koko olisi huomattavasti pienempi, koska sinne liitettävää tietoa olisi huomattavasti vähemmän. Tässä tapauksessa hajautus on kuitenkin huomattavasti heikompi, sillä todennäköisesti lohkoketjussa oleva viite olisi vain kyseisellä ajanhetkellä potilaan sote-palveluita tarjoavan tahon järjestelmään. Varsinainen tietojen hajautus ja varmennus olisi näin ollen jokaisen palveluntarjoajan itsensä vastuulla.

Joka tapauksessa yksi hyvä vaihtoehto tämän tyyppisen lohkoketjun rakenteeksi olisi julkinen, luvanvarainen lohkoketju. Lohkoketju olisi siis julkisesti saatavilla kaikille sitä tarvitseville tahoille, mutta konsensuksen luomiseen osallistuvien toimijoiden tulisi saada toiminnalleen lupa. Luvan voisi myöntää esimerkiksi viranomainen. Mikäli eri toimijoita on riittävästi, voidaan konsensus (eli lohkoketjun oikea tila) saavuttaa pienemmillä laskennallisilla resursseilla kuin täysin avoimissa lohkoketjuissa, kuten Bitcoinissa. Tämä mahdollistaa paremman tehokkuuden sekä transaktioiden lukumäärän että yleisemmin energiankulutuksen suhteen.

## Tapaus NETS ja Migri

Mielenkiintoinen sovellus lohkoketjuille on kehitetty yhteistyössä maksupalveluita tarjoavan NETS:in ja maahanmuuttoviraston (Migri) kanssa. Tässä tapauksessa ongelmana oli rahallisten avustusten jakaminen turvapaikanhakijoille, joita yhdessä vaiheessa saapui kerralla merkittävän suuria määriä. Käteisen rahan jakaminen todettiin riittämättömäksi ratkaisuksi, joten turvapaikanhakijoille haluttiin tarjota avustus prepaid-maksukortin muodossa. Maksukortit olisi toimitettu pankkien kautta ja tässä syntyi ensimmäinen hankaluus.

Pankkien kansainväliset velvoitteet vaativat, että pankin on tunnettava asiakkaansa ja selvítettävä mm. erinäisiä asiakkaan kytköksiä. Yksi tällainen velvollisuus koskee asiakkaan kuulumista mahdollisesti jollekin ns. ”mustalle listalle” esimerkiksi terrorismikytkösten vuoksi. Migri kuitenkin tulkitsevi suomalaisista yksityisyydensuojalainsäädäntöä niin, että he eivät voi paljastaa yksittäisten turvapaikanhakijoiden henkilöllisyyksiä ulkopuolisille tahoille. Näin ollen pankit eivät voineet saada tarvitsemaansa tietoa suoraan Migriltä.

NETS kehitti ratkaisuksi Ethereum-lohkoketjuun älysovimuspohjaisen ratkaisun, jossa pankeille voidaan osoittaa, kuuluuko henkilö jollekin listalle paljastamatta hänen henkilöllisyytensä. Ja vastaavasti Migri ei saa tietoa tästä toimenpiteestä vaan voi jakaa maksukortit ”anonyymisti” avustuksen saajille. Tätä varten tarvittiin kaksi uutta toimijaa, tietokannan indeksoija sekä kyselyrajapinnan toimittaja. Tietokannan indeksoija luo Ethereumin lohkoketjuun salatun ja anonymisoidun listan henkilöistä, jotka ovat jollakin ”mustalla listalla”. Kyselyrajapinnan toimittaja tekee Migrin anonymisoidut kyselyt Ethereumiin ja toimittaa salatut vastaukset Migrille. Migri ilmoittaa pankeille, mikäli henkilöiden nimiä löytyy listalta kyselyiden tuloksena.

### 3.3 Tietojen turvaaminen lohkoketjuissa

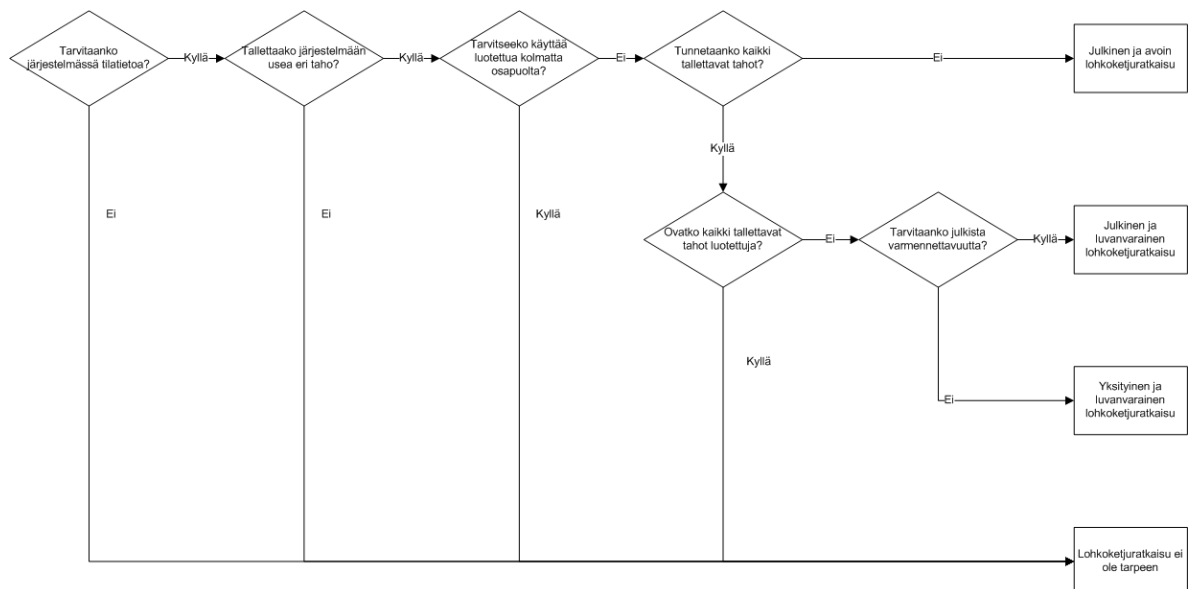
Kun tieto tapahtumasta talletetaan lohkoketjuun, tämä tieto siirtyy mahdollisesti kaikkien lohkoketjussa toimivien tahojen käyttöön. Näin ollen on tärkeää tarkastella, miten erilaisissa lohkoketjuissa tietojen eheys ja luottamuksellisuus voidaan varmistaa.

Lohkoketjut voidaan jakaa karkeasti neljään eri kategoriaan kahden ominaisuuden avulla (Taulukko 1). Lohkoketju voi olla pääsyn suhteen julkinen (kuten Bitcoin tai Ethereum) tai yksityinen (esim. R3), jolloin tietty toimija (tai yhteisö) hallinnoi lohkoketjua. Lohkoketjun tapahtumien varmentaminen voi taas olla luvanvaraista (esim. Sovrin) tai vapaata (Bitcoin, Ethereum), jolloin kuka tahansa voi osallistua varmentamiseen vain noudattamalla sovittua protokollaa.

**Taulukko 1. Lohkoketjujen nelikenttä ominaisuuksien mukaan**

<b>Avoimuus</b>	<b>Vapaa</b>	Bitcoin, Ethereum	
	<b>Luvanvarainen</b>	Sovrin	R3
		<b>Julkinen</b>	<b>Yksityinen</b>
<b>Julkisuus</b>			

Luonnollisesti tässä nelikentässä (julkinen vs. yksityinen, luvanvarainen vs. vapaa) eri ratkaisut vaativat erilaisia menetelmiä tietojen turvaamiseksi. Sote-toimijoiden näkökulmasta houkuttelevalta voi näyttää ajatus yksityisestä ja luvanvaraisesta lohkoketjusta. Tämän tyyppiä ratkaisuja on toteutettu mm. finanssialalla R3 Corda. Tällaisessa ratkaisussa jokainen toimija säilyttää hyvin paljon vapautta toteuttaa omat toimintansa haluamallaan tavalla. Lisäksi tietojen turvaaminen on helpompaa, kun tietoja liikutellaan vähemmän ja niihin käsiksi pääsevät tahot ovat melko hyvin tunnettuja. Näin ollen uusia salausmenetelmiä tai -ratkaisuja ei juurikaan tarvita jo olemassa olevien lisäksi. Seuraavassa kuvassa (Kuva 4) on esitetty yksinkertainen ohjeistus lohkoketjun tyyppin valintaan (Wüst & Gervais 2017).



*Kuva 4. Yksinkertainen ohjeistus lohkoketjun tyyppin valintaan Wust & Gervais'n (2017) mukaan*

Täysin avoimen ja vapaasti varmennettavan lohkoketjun tapauksessa täytyy ottaa huomioon eri toimijat ja mm. yksityisyyteen liittyvä lainsäädäntö hyvin tarkkaan ja rakentaa riittävä suojaus tämän ympärille. Kuten jo aiemmin esitellyssä NETS:in ja Migrin tapauksessa, tämä ei ole aina kovin helppoa ja sote-alalla useat säädökset ja määräykset monimutkaistavat asiaa. Henkilötietolaki (523/1999) ja keväällä voimaan tuleva EU:n tietosuoja-asetus

(GDPR, General Data Protection Regulation) koskevat kaikkia henkilötietoja. Sosiaali- ja terveydenhuollossa syntyvät potilas- ja asiakastiedot ovat suurimmaksi osaksi henkilötietolaissa arkaluonteisiksi määriteltyjä tietoja, jolloin niiden käyttöä säädellään muita henkilötietoja tiukemmin. Potilastietojen käyttöä säädellään lisäksi mm. potilaslaissa (785/1992), terveydenhuoltolaissa (1326/2010) sekä asetuksessa potilasasiakirjoista (831/1994). Terveydenhuollon valtakunnallisista tietojärjestelmäpalveluista säädetään asiakastietolaissa (159/2007 ja 1227/2010). Sen mukaisesti eri organisaatioissa syntyvät potilastiedot kootaan keskitettyyn Kanta-palveluun. Vastaava järjestely tulee valmisteilla olevan uuden asiakastietolain<sup>9</sup> koskemaan myös sosiaalihuollon tietoja. Uudessa laissa säädetään lisäksi mm. maakunnan vastuista ja omatietovarannosta.

On myös hyvä huomata, että avoin ja vapaasti varmennettava lohkoketju on muuttumaton ja sieltä on lähes mahdotonta jälkikäteen muokata tai poistaa tietoja. Täten mahdolliset virheet jäävät lohkoketjuun ”elämään ikuisesti”. Mikäli virhe koskee yksityisyyden suojaan liittyvää informaatiota tai muuta hyvin arkaluontoista asiaa, on tämä erityisesti kyseisen yksilön kannalta äärimmäisen vakava ongelma. Oikeus henkilörekisterissä olevan virheellisen tiedon korjaamiseen on kirjattu henkilötietolakiin.

Kolmas vaihtoehto, josta löytyy käytännön esimerkkejä, on luvanvarainen, mutta julkinen lohkoketju. Tällöin varsinainen lohkoketju ja siihen liittyvä data on julkisesti saatavilla, mutta varmentaminen voi tapahtua vain luvanvaraisesti. Tällöin tulee tietenkin määritellä taho, joka päättää, millä toimijoilla on lupa varmentaa lohkoketjun tapahtumia. Sote-alalla tämä voi olla esimerkiksi ministeriö, maakuntahallinto tms. viranomaistoimija. Koska data on kuitenkin julkisesti saatavilla, edelleen salaukseen ja varmentamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Kuitenkin luvanvarainen varmentaminen mahdollistaa kevyemmän varmennusmenettelyn käyttämisen ja myös muunlaiset korjausliikkeet, mikäli hallintomalli rakennetaan sitä silmällä pitäen.

Lohkoketjujen maailmassa (erityisesti avointen ja vapaiden tapauksessa) korjausliikkeet johtavat lohkoketjun haarautumiseen, mikäli yksimielisyyttä ei synny. Tämän vuoksi mm. Ethereumista on olemassa kaksi eri versiota.

Seuraavalla sivulla (Taulukko 2) sekä raportin liitteenä (Liite 6) olevissa taulukoissa on listattu jotakin merkittävimpiä ja tämän raportin kannalta relevanteimpia lohkoketjutoimijoita toimialan ja kotimaisuuden mukaan. Ala elää jatkuvassa muutoksessa ja esimerkiksi Angel.co –sivusto listaa tällä hetkellä (14.8.2017) yli 800 lohkoketju startup-yritystä, joita seurataan palvelussa 10. Näistä n. 20-30 (laskutavasta riippuen) ilmoittavat toimialoihokseen lohkoketjut ja terveysalan tai -teknologian. Tämän lisäksi ovat isot ja vakiintuneet toimijat (esim. IBM ja Microsoft), jotka ovat ottaneet lohkoketjut mukaan omaan toimintaansa.

<sup>9</sup> Marja-Penttilä, sosiaali- ja terveydenhuollon ATK-päivät, 2017 ([http://atk-paivat.fi/2017/html/sessio\\_7.html](http://atk-paivat.fi/2017/html/sessio_7.html))

<sup>10</sup> Sivulta <https://angel.co/blockchains> löytyy tämän hetken tilanne.

**Taulukko 2. Sote-alan lohkoketjutoimijoita ja näiden ratkaisujen ominaisuuksia**

Toimija	Toimiala	Avoinuus	Julkisuus	Lohkoketju	Verkkosivu	Kuvaus
<b>Blockcare</b>	Terveysdatan hallinnointi	Ei tietoa	Ei tietoa	Hyperledger Fabric	<a href="http://blockcare.me">http://blockcare.me</a>	Terveystietojen yksilöllinen hallinta
<b>Dokita247</b>	Etäterveydenhoito	Ei tietoa	Ei tietoa	Oma (Dokita-coin)	<a href="https://dokita247.com">https://dokita247.com</a>	Maaillanlaajuista etähoitoa tavoitteleva startup
<b>HealPoint</b>	Etäterveydenhuolto	Avoin	Julkinen	Ethereum	<a href="http://healpoint.io">http://healpoint.io</a>	Älysovimuksin hallittua usean lääkärin diagnostiikkaa
<b>Health CombiX</b>	Terveys- ja lääkäripalvelut	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa	<a href="https://www.point-nurse.com">https://www.point-nurse.com</a>	Kunnianhimoinen kokonaisterveydenhoidon tavoite. Ei konkreettisia esimerkkejä.
<b>Healthchain</b>	Terveysdatan hallinta	Avoin	Julkinen	Ethereum (+ oma Health-Coin)	<a href="https://www.healthblockchain.io">https://www.healthblockchain.io</a>	Terveysdata saatavilla kaikkialla
<b>inRecovery</b>	Addiktio-kuntoutus	Ei tietoa	Ei tietoa	Oma (Recovery Blockchain)	<a href="http://inrecovery.org">http://inrecovery.org</a>	Yhdistää pelillistämistä, tekoälyä ja lohkoketjuja addiktion taltuttamiseksi
<b>Ipseity</b>	Terveysdata	Ei käytä	Ei käytä	Ei käytä	<a href="http://peerhealth.io">http://peerhealth.io</a>	Sivuilla muutama hyvä teksti siitä, miksi he eivät käytä lohkoketjuratkaisuja
<b>meHealthX</b>	Terveysdatan hallinta	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa	<a href="https://www.mehealthx.com/">https://www.mehealthx.com/</a>	
<b>Proof</b>	Terveysdatan hallinta	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa	<a href="https://proof.work">https://proof.work</a>	
<b>Rolyte Healthtech</b>	Potilastiedot	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa	<a href="http://www.rolyte.com">http://www.rolyte.com</a>	
<b>Simply Vital Health</b>	Datan auditointi	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa	<a href="https://www.simplyvitalhealth.com">https://www.simplyvitalhealth.com</a>	
<b>Youbase</b>	Potilastiedon hallinta	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa	<a href="https://www.youbase.io">https://www.youbase.io</a>	Potilastietoa hoitoon ja tutkimukseen

Tähän raporttiin on mahdotonta listata kaikkia tämän hetken lohkoketjutoimijoita. Lisäksi näitä toimijoita syntyy jatkuvasti lisää, joten on tärkeä seurata alan kehitystä. Yksi tärkeimmistä huomioista on, että terveysdatan hyödyntämisen ja maksuliikenteen aloilla on runsaasti toimijoita, jotka pyrkivät hyödyntämään lohkoketjuja. Myös haastateltavat olivat sitä mieltä, että lohkoketjut tulevat muuttamaan sote-alan toimintamalleja, kun teknologian hyödyntäminen alalla yleistyy. Suomen kannalta merkittävää on eri toimijoiden yhteensopivuus,

jotta missään vaiheessa ei jouduta tilanteeseen, jossa asiakkaiden ja palveluntarjoajien toimintavapaus rajoittuisi tämän vuoksi.

### Toimenpide-ehdotuksia ja suosituksia

1. Selvitetään toiminnallisuudet, joita halutaan sote-kentän lohkoketjuratkaisussa toteutettavan.
2. Tällä hetkellä helpoimmat ratkaisut sote-kentän vaatimuksiin löytyvät suljetuista ja luvanvaraisista lohkoketjutoteutuksista. Avoimiin lohkoketjuihin siirtyminen vaatii enemmän teknisiä (mm. tietojen salaamiseen) liittyvien ratkaisujen selvittämistä ja toteuttamista. Täysin avoimiin lohkoketjuihin siirtyminen vaatii lisäksi hyvin tarkkaa arviota nykyisistä ja tulevista säädöksistä (mm. GDPR).
3. Kartoitetaan, millaisia lohkoketjun kehittäjäyhteisöjä Suomessa ja ulkomailla on ja pyritään aktivoimaan suomalaisia toimijoita yhteistyöhön ulkomaisten toimijoiden kanssa.

## 3.4 Lohkoketjujen tulevaisuus

Haastatteluissa kävi ilmi myös se, että nykyisiä lohkoketjutoteutuksia voitaneen pitää vasta esimakuna tulevasta. Nykyiset alustat tulevat kehittymään ja mukaan tulee myös uusia, jotka saavat tämän päivän lohkoketjut ja niihin liittyvät työkalut näyttämään vanhentuneilta. Yhtenä suurena pullonkaulana nähdään suosituimpien avoimien lohkoketjualustojen, kuten Bitcoin ja Ethereum, rajallinen kyky skaalautua. Tämä on kuitenkin ongelma, joka voitaneen ratkaista. Bitcoinin ”päälle” on jo rakennettu Lightning Network<sup>11</sup>, jonka avulla voidaan toteuttaa huomattavasti suurempi määrä transaktioita kuin alkuperäisen Bitcoinin avulla. Myös Ethereumiin on suunnitteilla vastaava parannus<sup>12</sup>.

Skaalautumisen haasteisiin voidaan vastata myös suunnittelemalla lohkoketjutoteutukset niin, että niissä ei vaadita suuria transaktiomääriä lyhyen ajan sisällä. Tällöin jo olemassa olevan teknologian avulla voidaan toteuttaa ratkaisuja. Yksittäisten terveystiedotusten aikaleimaaminen ja muuttumattomuuden varmistaminen eivät vaadi kovinkaan suurta skaalautuvuutta tai transaktionopeutta. Tällaisia toteutuksia on jo myös olemassa. Toisessa ääripäässä on skenaario, jossa jokaisen mahdollisen terveyden ja hyvinvoinnin mittaamiseen käytetyn sensorin jokainen mittaus halutaan aikaleimata ja varmentaa muuttumattomuuden suhteen. Tällaista tarkoitusta varten rakennettu lohkoketju vaatii huomattavan parannuksen olemassa oleviin teknologioihin.

Todellisuus rakentunee johonkin ääripäiden väliin, jolloin skaalautuvuus voidaan ratkaista onnistuneesti. Varmennetulla terveystiedolla ja sen hyödyntämisellä voi tulevaisuudessa olla merkittävä vaikutus sekä kansanterveydelle että kansantaloudelle. Näin ollen myös jälkimmäisen kaltaista tietopankkia varmennetusta terveystiedosta voidaan tarvita. Lisäksi tulee huomata, että eri tarkoituksiin voidaan luoda erilaiset lohkoketjutoteutukset, jolloin datan erityispiirteet ja muut vaatimukset voidaan paremmin huomioida. Esimerkiksi tietojen käsittelyn lokijärjestelmä voi olla erillinen tietojen aikaleimaus- ja varmennusjärjestelmästä.

---

<sup>11</sup> <https://lightning.network>

<sup>12</sup> <https://www.plasma.io>



Haastateltavat esittivät myös näkemyksiä laajemmista yhteiskunnallisista vaikutuksista. Vaikka lohkoketjut eivät välttämättä liity aina suoraan arvon siirtämiseen, ne yleensä tarjoavat mahdollisuuden siihen erilaisten ”tokeneiden” tai polettien avulla. Näin ollen voidaan ajatella yhteiskunnankin siirtyvän käyttämään poletteja erilaisissa yhteyksissä. Radikaaleimmat ajatukset liittyvä hajautettuihin autonomisiin organisaatioihin (engl. Distributed Autonomous Organisation), joiden voidaan kuvitella korvaavan useita nykyisiä yhteiskunnassa vaikuttavia rakenteita (yrityksiä ja jopa valtioita) älysovimusten kaltaisilla, monimutkaisilla lohkoketjujen päällä toimivilla ohjelmilla. Tällaiset automaattiset organisaatiot saattaisivat korvata monia yhteiskunnan nykytoimintoja. Luonnollisesti tämä kehitys vaatii vielä paljon edistystä lohkoketjualustoilta.

Sote-uudistuksessa esitetyt palvelusetelit ja myös henkilökohtaiset budjetit voidaan toteuttaa jo nykyisillä älysovimuksilla. Tämän lisäksi myös erilaiset vakuutukset, esim. liikenne- tai matkavakuutus voidaan korvata älysovimusten avulla joko kokonaan tai osittain. Liikennevakuutus voidaan sitoa auton rekisteröintiin ja lentokoneen myöhästymisen voi laukaista automaattisen vakuutusmaksun asiakkaalle. Varsinaiset hajautetut autonomiset organisaatiot voivat tuoda tehostusta maakuntien ja muiden toimijoiden hallintoon. On kuitenkin mietittävä hyvin tarkkaan, minkälaisien sensoreiden ja muun tiedon varassa tällaiset järjestelmät toimivat ja miten kansalaisten oikeusturva (esim. muutoksen haku päätöksiin) toteutetaan tällaisissa järjestelmissä.

Toisaalta jo ihan lähitulevaisuudessa esimerkiksi verotusta voitaisiin hoitaa lohkoketjujen avulla mahdollisesti läpinäkyvämmiin, tehokkaampiin ja lähes reaaliaikaisesti. Haastateluissa kävi myös ilmi, että lohkoketjut ja älysovimukset voivat tuoda mukanaan siirtymän ”Web 3.0”:aan, jossa verkon yli käytettävät ohjelmistot ovat itseasiassa älysovimuksia ja toteutettavissa hajautetusti. Tämä mahdollistaisi nykyisten keskitettyjen sovellusten ja palveluiden toteutuksen hajautetusti, jolloin niiden toiminnan haittaaminen esim. palvelunestohyökkäyksillä vaikeutuisi huomattavasti.

Sääntely on lohkoketjumaailmassa hyvin kaksijakoinen aihe. Toisaalta useat avoimet sovellukset, etunenässä Bitcoin ja Ethereum, ovat melko näkyvästi tuoneet esille riippumattomuutensa yksittäisten valtioiden sääntelystä. Kuitenkin monet sovellukset toimivat aloilla, joilla on perinteisesti ollut vahvaa sääntelyä (esim. finanssi- ja terveysala), eivätkä kaikki sovellukset ja niitä tarjoavat yritykset ole riippumattomia näistä. Varsinaista lohkoketjujen sääntelyä ei vielä kuitenkaan ole eikä standardointiehdotuksetkaan ole edenneet vielä kovin pitkälle.

## Toimenpide-ehdotuksia ja suosituksia

1. Lohkoketjujen säätelyn kehittämiseen ja/tai standardointiin tulisi kiinnittää resursseja, jotta teknologiaa voitaisiin hyödyntää nykyistä paremmin myös valtionhallinnon, finanssialan toimijoiden sekä muiden yhteiskunnan toimintojen kannalta kriittisten tahojen toimesta.

## 4. MAKSULIIKENNE JA ÄLYSOPIMUKSET

### 4.1 Yleiskuva

Hankkeen toisessa työpaketissa etsittiin vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Voitaisiinko maksuliikennettä ja sopimushallintaa tehostaa ja automatisoida lohkoketjuteknologialla?
- Voidaanko lohkoketjuteknologiaan perustuen toteuttaa asiakkaaseen liittyvien tietojen hajautettu ylläpito ja käyttö laskutuksen yhteisenä pohjaerittelynä palveluketjussa?
- Mitkä ovat maakunnan ja sen palvelutuottajan välisen laskutuksen tehostamis- ja automatisointimahdollisuudet lohkoketjuteknologian käytöllä?

Työpaketti koostui kahdesta tehtävästä:

- T2.1 Maksuliikenteen ja sopimusten tehostaminen älysopimusten avulla -tehtävässä selvitettiin, miten erilaiset älysopimukset ja niihin liittyvät lohkoketjuteknologiat voivat edesauttaa maksuliikenteen tehostamista sekä miten näitä voidaan hyödyntää eri toimijoiden välisissä sopimuksissa.
- T2.2 Älysopimuspalvelujen vertailu -tehtävässä vertailtiin nykyisten älysopimuspalvelujen ja niiden johdannaisten soveltuvuutta kansallisiin järjestelmiin.

### 4.2 Esiin nousseet lohkoketjuesimerkit

Tässä kappaleessa on kerrottu esimerkkejä nykyisistä lohkoketjupalustoista ja selvitykseen liittyvistä sovelluksista (mm. älysopimukset). Lisämateriaalia aiheesta on tämän luvun lisäksi liitteessä 7.

Ethereum oli ensimmäinen lohkoketjupalusta, joka mahdollisti älysopimukset. Se johtuu siitä, että se on ns. Turing-täydellinen, eli se voi simuloida minkä tahansa muun tietokoneen tai ohjelman toimintaa. Nykyään Ethereum on toiseksi suosituin lohkoketju heti Bitcoinin jälkeen. Ethereum on hajautettu laskenta-alusta, joka käyttää samantyylistä konsensusmekanismia kuin Bitcoin, mutta mahdollistaa monipuolisempia transaktioita, joita voi kutsua älysopimuksiksi tai hajautetuksi sovelluksiksi. Bitcoin on vakiintuneempi ja jäykempi sekä tarkoitettu rahasiirroille. Taulukossa (Taulukko 3) on esitetty Bitcoinin ja Ethereumin merkittävimmät erot.

### Taulukko 3. Bitcoin- ja Ethereum -lohkoketjualustojen erot

	Bitcoin	Ethereum
<b>Päätarkoitus</b>	Hajautettu kirjanpitojärjestelmä rahan siirroille	Hajautettu laskentakoneisto
<b>Datan rakenne</b>	Transaktiot perustuvat valmiisiin skripteihin	Sopimukset perustuvat Turing täydelliseen ohjelmointikieleen
<b>Noodien<sup>13</sup> rooli</b>	Noodit varmentavat transaktioita	Noodit ajavat sopimusten koodia
<b>Lohkojen ilmestymistiheys</b>	Noin 10 minuuttia	Noin 15 sekuntia
<b>Tiivistefunktio<sup>14</sup></b>	SHA256	Ethash
<b>Kilpailuetu</b>	Stabiili ja hidas muutoksille	Paljon joustavampi ja monipuolisempi

Hyperledger-projekti on Linux Foundation -yhteisön ponnistus luoda yritystasoinen avoin lohkoketjujen kehitysympäristö ja koodikanta. Sen tavoitteina on tuoda lohkoketjuteknologia massamarkkinoille. Hyperledgerin pääelementit ovat älysopimukset "chaincode", digitaaliset omistukset, rekisterin säilytys, hajautettu konsensus ja kryptografinen suojaus. Monet suuret yhtiöt ovat antaneet omia tuotoksiaan Hyperledgerin koodikantaan. Yhteisössä on mukana yli 100 jäsentä, merkittävimpiä ovat IBM, Intel, Nokia, Fujitsu, Cisco, SWIFT ja R3CEV. (Hyperledger 2016)

Hyperledger yhteisöllä on useampi lohkoketjuprojekti käynnissä ja niistä käytetyin on Fabric, josta julkaistiin versio 1.0 heinäkuussa. Se voi olla suljettu tai avoin muuttamaton tilikirja, jonka vertaisverkossa voi ajaa mielivaltaisia chainnodeja. Konsensusmekanismi on vaihdettavissa ja tietoturva hoidetaan sertifikaateilla. (Cachin 2016) Sawtooth Lake on Intelin koneille räätälöity lohkoketjuratkaisu, joka mahdollistaa suuren joukon käyttäjiä ja Blockchain Explorer on käyttäjäystävällinen selainapplikaatio, jolla voi seurata Hyperledgerin tapahtumia. Monet kaupalliset lohkoketjut perustuvat Hyperledgeriin, kuten IBM Bluemix ja Corda. Hyperledgerin haasteena on itse teknologian nuoruus. Verrattuna Bitcoin- ja Ethereum-alustoihin, Hyperledgerin käyttäjiä ja testaaajia yritysten ja tuotekehittäjien ulkopuolelta on vähän. Yhteisön tavoitteet terveydenhuollon kehittämiseksi sekä asiakkaan nostamiseksi palveluiden keskiöön ovat kuitenkin määrätietoiset, kuten Hyperledgerin toimitusjohtaja kertoi helmikuussa 2017 järjestetyssä Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS) -tapahtumassa.

*"There's an opportunity to capture the holy grail of health IT, which is to put the patient back in the center of their care. We can provide much more transparency balanced against confidentiality. We can change the landscape of that by adopting blockchain – and hopefully cut the costs of bureaucracy and overhead that make healthcare so expensive."*

- Brian Behlendorf, Executive Director of Hyperledger - (Bresnick 2017)

Dentacoin on vasta ilmestynyt Ethereumissa pyörivä kryptovaluutta, joka on suunniteltu globaalille hammashoitoteollisuudelle. Ostamisen lisäksi valuuttaa jaetaan potilaille ja lääkäreille älysopimuksilla, silloin kun he tuottavat jotain koko yhteisölle esimerkiksi vastaamalla galluppiin, antamalla palautetta tai jakamalla omia terveystietoja palveluntarjoajien käyttöön.

<sup>13</sup> Lohkoketjunoodilla tarkoitetaan yleensä tietokonetta, joka pitää sisällään täydellistä kopiota kyseisestä lohkoketjusta ja pystyy mm. varmentamaan sen oikeellisuuden (lähde: [https://en.bitcoin.it/wiki/Full\\_node](https://en.bitcoin.it/wiki/Full_node))

<sup>14</sup> Tiiviste tarkoittaa tiedon tiivistämistä pienempään tilaan, jotta sitä voidaan käyttää esim. varmistamaan kopioitujen tiedon muuttumattomuus, varmentamaan tiedon aitous esim. digitaalisella allekirjoituksella tai nopeampaan tiedonhakuun (lähde: [https://fi.wikipedia.org/wiki/Tiiviste\\_\(tietotekniikka\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Tiiviste_(tietotekniikka)))

Valuuttaa voi käyttää hankittaessa hammaslääkäripalveluita, -tuotteita, -välineitä tai -vakuutuksia.<sup>15</sup>

Viron e-Residency -ohjelman johtaja Kaspar Korjus ehdotti blogissaan viime elokuussa, että Viron e-kansalaisille luotaisiin oma kryptovaluutta Estcoin. Tätä digivaluuttaa jaettaisiin suoraan valtion toimesta kaikille Viron e-kansalaisuusjärjestelmän käyttäjille. Koska tällaista valuuttaa ei vielä ole, olisi vapaasti markkinoilla vaihdettavalla valtiollisella digivaluutalla tarjottavana jotain, mitä millään toisella valuutalla ei ole. Kryptovaluutan aloitusjako, ICO, antaa nimittäin kaikille mahdollisuuden sijoittaa valtion digitaaliseen kehitykseen. Ne ovat siis ikään kuin valtiollisia osakkeita tai sähköisiä obligatioita. Jo pelkästään tämä tarkoittaisi, että kyseinen fiat<sup>16</sup>-kryptovaluutta tulisi nousemaan ihmisten ostaessa sitä ja spekuloidessa sillä. Valtiolle tämä olisi kuin tyhjästä syntynyttä rahaa. (Korjus 2017)

Ruotsissa Riksbank tutkii mahdollisuutta tuoda käteisen rinnalle digiraha, e-krona. Ruotsissa käteisen käyttö vähenee jatkuvasti ja e-krona olisi mahdollinen ratkaisu sen tuomiin haasteisiin. Toimimalla itsenäisesti pankkien ja luottokorttifirmojen infrastruktuurista, e-krona toisi vakautta, jos vaikkapa korttimaksuissa ilmenee yhtäkkiä ongelmia. (Riksbank 2017)

Euroopan Keskuspankin johtaja Mario Draghi on kertonut julkisesti, että EKP:lla ei ole mahdollisuutta kieltää tai estää kryptovaluuttojen toimintaa euroalueella. Sen sijaan Viron suunnitelmaa luoda oma kansallinen virtuaalivaluutta Estcoin hän pitää mahdottomana. (O'Leary 2017)

Myös EU:n ulkopuolella on mietitty kansallisten kryptovaluuttojen perustamista. Japanissa keskuspankki aikoo korvata käteisen täysin kansallisella kryptovaluutalla, J-Coinilla. Tarkoitus on julkaista J-Coin vuoden 2020 olympialaisiin mennessä. J-Coinilla olisi sama arvo kuin yenillä ilman vaihtokustannuksia.<sup>17</sup> Myös Kiina on käynnistänyt tutkimukset oman kryptovaluutan käytöstä (Ward 2017). Kiinan hallitus on lisäksi suunnitellut verotuksen siirtämistä lohkoketjuihin kunhan he saavat kansallisen kryptovaluutan toimimaan (Durden 2017). Verotuksen asiantuntijat Britanniaasta ovat myös keskustelleet lohkoketjuteknologian käytöstä helpottamaan veronkeruun taakkaa.

### 4.3 Löydöksiä ja pohdintaa

Älysopimusten ja kryptovaluutan yhdistelmät voisivat korvata nykyiset palvelusetelit ohjelmoitavilla kryptopalveluseteleillä. Nämä kryptopalvelusetelit sujuvoittaisivat eri toimijoiden välistä yhteistoimintaa ja helpottaisivat esimerkiksi potilaan valinnanvapautta. Kryptopalvelusetelit voisivat toimia rajoitetuissa palveluissa, kuten Dentacoin ja niiden käytön arvo olisi sidottuna palveluun eikä reaali maailman valuuttaan kuten euroon. Terveysalan toimijat voivat keskinäisillä älysopimuksilla ja kryptopalveluseteleillä tasapainottaa kuluja ja korvauksia, jos potilas vaihtaa usein palveluntarjoajaa. Älysopimukset kirjaisivat kulut automaattisesti ja myös verotusosuuden voisi automatisoida. Automatisoitu järjestelmä korvaisi ihmisten tekemää hallinnollista työtä. Sote-palveluiden käytön volyymeissä palvelusetelien osuus oli 2016 alle yksi prosentti. Tieran palvelusetelijärjestelmän ylläpitoon ja tietojenkäsittelyyn Oulussa vaaditaan tällä hetkellä 12 henkilön työpanos vuodessa.<sup>18</sup>

<sup>15</sup> Dentacoin: <https://dentacoin.com/white-paper/Whitepaper-en.pdf>

<sup>16</sup> Fiat-valuutalla tarkoitetaan arvoltaan merkityksetöntä vaihdannan välinettä, jonka arvo perustuu säännöksiin tai lakeihin sekä ihmisen perusteettomaan käsitykseen sen arvosta, eikä mihinkään vaihdantaväliseen itsensä konkreettiseen ominaisuuteen (Lähde: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Fiat-rahalla>)

<sup>17</sup> The Financial Times: <https://www.ft.com/content/ca0b3892-a201-11e7-9e4f-7f5e6a7c98a2>

<sup>18</sup> S-L. Olli: <http://vm.fi/documents/10623/307649/Olli+12+6+2014.pdf/868f2c51-241e-4a0c-aa13-c4f47e25281a>

Lohkoketjun ja älysovimusten avulla voitaisiin seurata erittäin tarkasti ja luotettavasti lääkejakeluketjujen kiertokulkua, kuten Everledger tekee timanteille. Lääkkeiden elinkaarta seuraamalla lohkoketjussa voisi paremmin estää väärennettyjen ja vanhentuneiden lääkkeiden myynnin. Kuluttajat voisivat myös tehdä eettisempiä valintoja, jos ne tietävät minkälaisia koikeita kehitykseen on käytetty sekä paljonko lääkkeen valmistus kuormittaa ympäristöä. Samalla tavalla voisi seurata myös muiden terveystalan laitteiden ja välineiden (mm. sydämentahdistinten, proteesien, mittalaitteiden) koko elinkaarta, mikä parantaisi potilasturvallisuutta ja saattaisi alentaa kustannuksia. (Chapron 2017) Tulevaisuudessa lääkkeitä voidaan myös kustomoida yksilön tarpeisiin ja mahdollisesti jopa tulostaa paikallisesti 3D-tulostimilla, jolloin lohkoketjun ja älysovimuksen yhdistelmän avulla voidaan minimoida väärennösten riskejä.

Esimerkkinä lääkkeiden jakeluketjun varmistamisesta olisi se, että jokaisella lääkepakkauksella voisi olla yksikäsitteiset tunnuksot, joista näkee lääke-erän historian, eli valmistustehaan, raaka-aineiden alkuperän, varastointipaikat, kuljetusvälineet, jälleenmyyjät ja niin edelleen. Tiedot päivitetäisiin lohkoketjuun aina kun pakkaus siirtyisi, jolloin tuotteen seuranta ja ongelmien syiden paikannus olisi tarkempaa kuin nykyisillä ratkaisulla. Esimerkiksi jos useille tiettyä lääkettä ottaneille tulee odottamattomia oireita, niin historiasta voidaan tarkistaa koskeeko ongelma vain yhtä erää, johtuen vaikka huonosta varastoinnista, onko vika kaikissa tietyn lääketehaan tuotteissa, vai kenties kaikissa yhden jälleenmyyjän lääkkeissä. (Bresnick 2017-2)

Sosiaali- ja toimentulotukipalvelut voisivat myös hyötyä älysovimuksista. Älyreseptien avulla voidaan osoittaa rahat tai kryptosetelit suoraan tietyn lääkkeen ostoon ilman, että sosiaalityöntekijä tietää yksityiskohtia lääkkeestä ja älyresepti estäisi väärinkäytökset. Tämä on mahdollista, koska älysovimukset voivat tehdä yksityisyyden säilyttäviä totuusarvotarkasteluja tietokantaan. Esimerkkinä tästä on Bitcoinin päällä toimiva Zcash, joka mahdollistaa täyden anonymiteetin.<sup>19</sup> Sosiaalityöntekijä tai apteekki voisi tehdä kyllä/ei-kyselyn siitä, että onko potilas väärinkäyttänyt tai muuten estynyt samaan tiettyä lääkettä esim. allergian tai toisen lääkekuurin vuoksi. Kyselyistä jäisi tietenkin merkintä lohkoketjuun, mikä mahdollistaa aiheettomien kyselyiden havaitsemisen. Älyreseptit voisivat monissa tapauksissa korvata apteekin tekemät tarkastelut ja harkintavallan.

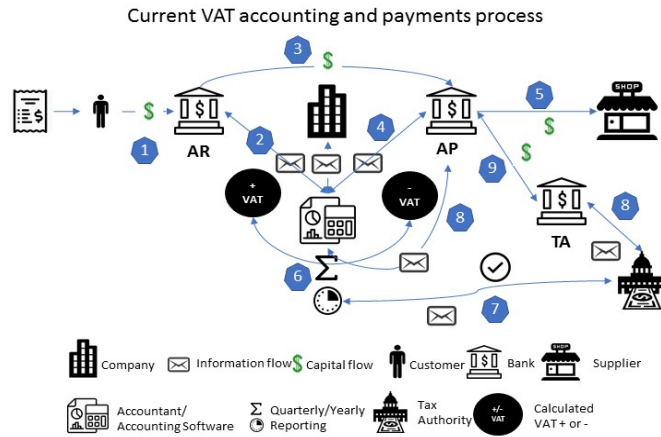
Potilaiden palveluntarjoajan valintaa voisi helpottaa älysovimuksilla tehdyllä mainesysteemillä, joka toimisi vähän kuin Eviran Oiva-järjestelmän pisteytys ja raportointi. Älysovimuksilla voisi hoitaa myös toimilupien hallinnan. Virallisten raporttien lisäksi myös potilaat antaisivat asiointin jälkeen palautetta, joka yhdistyisi älysovimuksilla automaattisiin tietoihin, kuten odotusaikoihin. Palautteenantajia voidaan seurata pseudoanonymillä lohkoketjulla, jolloin palaute voidaan normalisoida ottamaan huomioon, jos tietty potilas antaa aina negatiivista palautetta. Palautteesta voisi tehdä myös vapaaehtoisesti julkista antamalla siitä palkkioksi kryptopalveluseleitä, jolloin lääkäri ja/tai hoitajat voisivat kommentoida palautetta. Tämä lisäisi palautteen vaikuttavuutta verrattuna anonyymeihin valituksiin.

Automaattinen verotus on myös mahdollista älysovimuksilla. Erityisesti monille pienille yrityksille verojen ja maksujen käsittely voi olla raskas hallinnollinen taakka. Älysovimuksilla voisi helpottaa verotusprosessia tekemällä se automaattiseksi ja reaaliaikaiseksi. Ajan ja resurssien säästämien lisäksi myös huijaukset ja veronkierto yritykset huomattaisiin nopeam-

---

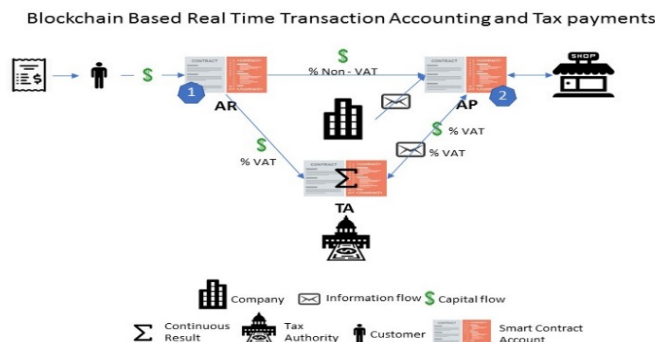
<sup>19</sup> Zcash: <https://z.cash/technology/index.html>

min ja tarkemmin. Koko verotusprosessi muuttuisi nopeammaksi, reilummaksi, yksinkertaisemmaksi ja helpommaksi, kun se perustuisi reaaliaikaisiin transaktioihin eikä niiden kertymään. (Rikken 2017)



Kuva 5. Kuvaus nykyisestä arvonlisäveroprosessista

Kuvassa (Kuva 5) on yksinkertainen luonnos arvonlisäveron prosessoinnista. Nykyinen Alv-prosessi on pitkä, sisältää tarkastuksia ja balansointeja transaktion jälkeenkin. Lisäksi yrityksiä uhkaavat täsmäytykset, jos niillä ei ole riittävästi käteistä reservissä. Alv:n prosessointi voidaan muuttaa reaaliaikaiseksi ja automaattiseksi kolmella erillisellä jatkuvilla älysopimuksilla: myyntisaamiset (AR), tilivelka (AP) ja yrityskohtaiset verot (TA). Näin verot maksettaisiin suoraan ilman välissä toimivia pankkeja. Rahansiirtojen tapahtuessa ja älysopimusten lauetessa kaikki verotusasiat tapahtuisivat rinnakkain, kuten esimerkiksi seuraavassa kuvassa (Kuva 6) on hahmoteltu.



Kuva 6. Ehdotus älysopimuksilla toteutetusta arvonlisäveroprosessista<sup>20</sup>

## Asiantuntijoiden näkemyksiä maksuliikenteestä ja sopimuksista

Yleiskäyttöinen eRaha - joka ei siis ole lohkoketjulla toteutettu kryptovaluutta - on finanssi-valvonnan alainen. Esimerkkejä eRaha-toimijoista ovat Aktia Wallet ja PayPal. Jos ”raha” ei

<sup>20</sup> O. Rikken: <https://www.slideshare.net/OlivierRikken/blockchain-real-time-tax-by-olivier-rikken>

ole yleiskäyttöistä, niin sitä ei lasketa eRahaksi ja siihen ei tarvita erikseen toimilupaa, esimerkiksi erilaiset kulttuurisetelit ja palvelusetelit. Nämä voitaisiin toteuttaa lohkoketjuilla, mutta hyötyä tästä olisi vain, jos useampi eri osapuoli haluaisi lukea ja kirjoittaa samaan tietokantaan. Älysopimus on hyödyllinen silloin, kun on aihetta epäillä väärinkäyttöä eli että raha ei siirry sopimuksen mukaisesti. Avoimet lohkoketjut eivät useinkaan ole vaihtoehtoja, vaan tarvitaan pääsynvalvontaa. Rahan ohjelmoitavuus avaa uusia mahdollisuuksia. Lohkoketjupohjainen palveluseteli on siinä mielessä hyvä ajatus, että se voidaan kohdistaa vain tiettyihin palveluihin eikä se ole täten yleiskäyttöinen kuten eRaha tai mahdollinen Euroopan keskuspankin tulevaisuudessa liikkeelle laskema europohjainen kryptovaluutta.

Lohkoketjujen ja älysopimusten avulla on helppo jyvittää kustannukset, kun asiakas käyttää useiden eri tahojen terveystietopalveluita. Tämä vähentää väärinkäytöksiä ja helpottaa yllättävien kuluerien tarkistusta ja analysointia. Lohkoketjupohjaisessa omahoitopalvelussa jokaisella asiakkaalla on oma terveystili, jolla hallitaan ja turvataan MyData-tiedot. Terveystietojen toissijaisella hyötykäytöllä on arvo, jota voi vaihtaa kuin valuuttaa. Henkilökohtaisen monitasoisen tiedon tulisi olla osa tulevaisuuden palvelujärjestelmää, jolloin ihminen on datan keskiössä. Itse kerättyä MyDataa pitäisi voida itse jakaa eritasoisten suostumusten kautta. Nykyään Kelan Kanta-järjestelmä ei mahdollista helppoa tietojen jakamista. Lohkoketju voisi ratkaista sen, miten kaikki data yhdistetään ja miten siitä saa tarkoituksen mukaista informaatiota, joka kulkeutuu osaksi palvelujärjestelmää. Muita mahdollisuuksia ovat digitaaliset hoitopolut, laajempi valinnanvapaus, datan liikkuvuus, datan riippumattomuus ja sen luotettavuus.

## 4.4 Tulevaisuus

Kuten aikaisemmissa kappaleissa osoitettiin esimerkein niin, sekä maksuliikennettä että sopimuksen hallintaa voidaan automatisoida lohkoketjuissa toimivilla älysopimuksilla. Näiden prosessien automatisointi nopeuttaa järjestelmää sekä tuo hallinnollisia säästöjä. Maakuntien ja palveluntuottajien välinen laskutus tehostuisi lohkoketjussa automaattisesti toimivilla älysopimukseen perustuvilla kryptopalveluseteleillä.

Estcoinin ja e-kronan kehitystä kannattaa ehdottomasti seurata ja lisäksi olisi mahdollista jalostaa näitä ideoita luomalla suomalainen hienostuneempi versio kryptovaluutasta: kansallinen ”hyvinvointiraha” - mahdollisesti jopa ennen meidän naapurimaita. Aloitamalla oman valtiollisen kryptovaluutan - ”hyvinvointirahan” jaon (Initial Public Coin Offering), avautuisi mahdollisuus sijoittaa Suomeen ja hyvinvointiin. Hyvinvointirahaa voisi käyttää kätevästi älysopimuksien kanssa esimerkiksi digitaalisten palveluiden ostamiseen. Hyvinvointirahan jakelukanavana voisi toimia esimerkiksi kansallinen palvelu kuten Suomi.fi tai jokin kolmas osapuoli kuten Arvotakomo-osuuskunta.

Hyvinvointiraha olisi siis enemmänkin digitaalinen palveluseteli kuin valuutta. Toteutukseen on monia tapoja, joista tässä yksi esimerkki: Alkujaon jälkeen jokaisen suomalaisen tilille talletettaisiin kuukausittain hyvinvointirahaa automaattisesti kuin perustuloa, tiettyyn maksimiin asti. Hyvinvointirahalla voisi sitten ostaa määrättyjä hyvinvointipalveluita, mutta ei fyysisiä tavaroita. Järjestelmän piiriin kuuluvat yritykset ja julkiset laitokset voisivat vaihdattaa asiakkaiden palveluista maksamat hyvinvointirahat euroiksi kaupungin tai valtion tar-



joamissa vaihtopalveluissa, joka voisi toimia myös automaattisesti älysopimuksen välityksellä. Lisäksi Kela voisi jakaa tarpeen mukaan asiakkailleen tiettyyn tarkoitukseen koodattua hyvinvointirahaa.<sup>21</sup>

Hyvinvointirahaan ja sitä käyttäviin hyvinvointipalveluihin sopivista alustoista Hyperledger on suunnattu pääosin yksityiseen ja rajoitettuun käyttöön. Ethereum sen sijaan on avoin ja julkinen. Ethereum on keskittynyt älysopimusten ajoon ja voisi toimia alustana hyvinvointirahalle. Hyperledger voisi taas olla hyvä alusta kriittisemmän tiedon hallintaan kuten potilastapahtumien lokitukseen tai sähköisten reseptien älykkääseen varmentamiseen. Hyperledgerin Fabric on hyvin modulaarinen<sup>22</sup> ja sillä on mahdollista testata erilaisia lohkoketjuun perustuvia liiketoimintamalleja ja prototyyppejä. Fabric sopisi hyvin myös terveystietojen varmentamiseen.<sup>23</sup> Toisaalta jos haluaa pitää ainoastaan lokikirjaa tapahtumista, niin Guardianin KSI-lohkoketju olisi tähän tarkoitukseen soveltuva ja jo vuosia markkinoilla ollut ratkaisu.

Asiantuntijahaastattelussa tuli esille seuraavia toiveita ja ehdotuksia tulevaisuutta varten:

- Hallitus voisi helpottaa lohkoketjujaritysten toimintaa läpinäkyvyyttä vaativilla laeilla tai verohelpotuksilla.
- Kansallinen lohkoketjupilotti tai yhteispilotti Viron ja/tai Ruotsin kanssa mahdollisimman pian olisi hyödyllinen.
- Olisi hyvä olla selkeä ja nopea prosessi tai valiokunta tekemään nopeita ja ennakkoivia päätöksiä potentiaalisesti yhteiskuntaa mullistavien teknologioiden ja lainsäädännön välille.
- Koska tiedon määrä kasvaa eksponentiaalisesti niin teknologiakehitys myös nopeutuu ja markkinoille tulee disruptiivisia yllätysteknologioita yhä nopeampaan tahtiin.

## Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

1. Hyvinvointirahaan ja älysopimukseen liittyvä kansallinen pilotti tai yhteispilotti Viron ja/tai Ruotsin kanssa olisi hyödyllinen ja mahdollistaisi riittävän osaamisen karttamisen älysopimusten mahdollisuuksista. Pilotti mahdollistaisi myös yksityisen sektorin palveluekosysteemin kehittämisen hyvinvointirahan ympärille.
2. Valtiovarainministeriön tulisi nykyistä tehokkaammin hyödyntää lohkoketjun ja älysopimusten käyttöä erilaisissa piloteissa arvonlisävero- ja muiden verotusprosessien sujuvoittamiseksi.

<sup>21</sup> A. Ahola: <http://amosahola.puheenvuoro.uusisuomi.fi/202684-palveluseteli-rinnakkaisvaluuttana>

<sup>22</sup> Modulaarisuudella tarkoitetaan kokonaisuuden (järjestelmä tai vastaava) koostumista vakiorakenneosista, joilla on tietty toiminnallisuus ja tietyt ominaisuudet, ja jotka on korvattavissa samanlaisella tai vastaavalla osalla.

<sup>23</sup> Hyperledger: <https://www.hyperledger.org/announcements/2017/07/11/hyperledger-announces-production-ready-hyperledger-fabric-1-0>



## 5. SÄHKÖISET SOTE-PALVELUT

### 5.1 Yleiskuva

Projektin yhtenä keskeisenä tavoitteena oli selvittää mahdollisuuksia hyödyntää lohkoketjuteknologiaa sosiaali- ja terveydenhuollon sähköisten palvelujen järjestämisessä ja toteuttamisessa. Selvityksessä hyödynnettiin asiantuntijahaastatteluja, joiden tekninen toteutus on kuvattu tarkemmin luvussa 2.

Haastatteluissa hyödynnettiin haastattelurunkoa, joka sisälsi kaksi osiota (Liite 2 ja Liite 3). Ensimmäisessä osiossa kartoitettiin nykytilan ongelmia sosiaali- ja terveydenhuollon sähköisissä palveluissa ja tiedonhallinnassa. Toisessa osiossa pyrittiin tarkemmin identifioimaan, miten lohkoketjuja voitaisiin soveltaa näiden ongelmien ratkaisemisessa. Haastattelurunkoa sovellettiin tapauskohtaisesti. Toisen osion käsittely jätettiin lyhyeksi tapauksissa, joissa lohkoketjuteknologia ei ollut haastateltavalle tuttua.

### 5.2 Lohkoketjuteknologian hyödyntäminen sähköisissä sote-palveluissa

#### Tulokset

Haastatteluissa esille nousseet haasteet liittyivät tietojärjestelmiin, tietojen hyödyntämiseen ja toimijaverkoston hallintaan (Taulukko 4). Näitä ja esille nousseita mahdollisuuksia lohkoketjujen soveltamiseen kuvataan seuraavissa kappaleissa.

## Taulukko 4: Haastatteluissa esille nousseita nykytilan haasteita

Ryhmä	Haasteet
Tietojärjestelmien haasteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erialaisten tietojärjestelmien suuri määrä → integraatioiden tarve, kustannukset → rinnakkaisia järjestelmiä samassa organisaatiossa (maakunta)</li> <li>• Legacy-järjestelmät passiivisia ”tietovarastoja”, eivät tue aktiivisesti hoitotoimintaa (esim. päätöstuki, tekoäly, ...)</li> <li>• Sote-tietorakenteet dokumenttipohjaisia → eivät sovellu hyvin dynaamisesti päivityvälle terveysdatalle</li> </ul>
Henkilökohtaisten sote-tietojen hyödyntäminen hoidon yhteydessä	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaiken tarvittavan tiedon saanti käyttöön hoitoa varten (ml. omahoitoon/asiakkaalle)</li> <li>• Tiedon kulku palveluprosessien välillä (sosiaali-, terveys-, oikeus-)</li> <li>• Hoitosuunnitelmien hallinta ja käsittely monitoimijaympäristössä (ml. asiakkaat)</li> <li>• Itse tehtyjen terveystietojen laadun ja muuttumattomuuden varmistaminen</li> <li>• Suostumus- ja luvituskäytännöt ovat monimutkaisia eivätkä riittävän hienojakoisia (asiakkaalle mahdollistettava paremmat mahdollisuudet kontrolloida tietojensa käyttöä)</li> </ul>
Henkilökohtaisten sote-tietojen toissijainen käyttö	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toissijainen käyttö mm. vaikuttavuuden ja laadun seurantaan ollut vähäistä, koska ao. laki on puuttunut (nyt laki valmisteilla → suunniteltu voimaantulo v. 2018)</li> <li>• Tiedon riittävä anonymisointi vaikeaa tai mahdotonta (myData –mallin kautta tapahtuva, yksilön kontrolloima luovutus voisi olla ratkaisu)</li> <li>• Dataturvallisuuden varmistus haasteellista</li> </ul>
Toimijaverkostojen hallinta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kirjava kuntakenttä. Erityisesti sosiaalipuolella monenlaisia ja pieniä palveluntuottajia → haaste yhtenäisten toimintamallien ja tietojärjestelmien näkökulmasta.</li> <li>• Palveluntarjoajien (ml. digitaaliset palvelut) sertifiointikriteerit ja hyväksyntämenettelyt puuttuvat. Tarvitaan ekosysteemin synnyttämiseksi.</li> <li>• Lääkevääräennökset ovat kasvava ongelma</li> </ul>

### Sosiaali- ja terveydenhuollon tietojärjestelmät

Sosiaali- ja terveydenhuollossa haasteena on erillisten järjestelmien suuri määrä, josta aiheutuu merkittäviä integraatiokustannuksia. Järjestelmien hinnasta ja monimutkaisuudesta johtuen niitä on uusittu hitaasti, jolloin järjestelmät ovat usein vanhanaikaisia ja toimivat ”passiivisina” tietovarastoina. Todettiin, että uudistaminen on nyt kuitenkin lähtenyt käyntiin Apotti-<sup>24</sup> ja UNA-hankkeiden (Kuntaliitto 2016) myötä. Haastatteluissa tuotiin esiin tarve alueellisille ja valtakunnallisille potilastietojärjestelmille, jotka eivät rajoitu tiedon tallennukseen ja näyttöön, vaan aktiivisesti tukevat hoitoprosessia. Esimerkiksi tekoälyyn perustuvan päätöstuen avulla voitaisiin huomattavasti helpottaa sosiaali- ja terveysalan ammattilaisten työtä ja antaa potilaille mahdollisuus olla paremmin perillä omasta terveydentilastaan ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Nykyisin potilastietojärjestelmissä dominoivan dokumenttipohjaisen tiedonhallinnan sijaan kaivattiin järjestelmiä, jotka pystyvät hienojakoisemmin ja dynaamisemmin käsittelemään terveystietoja.

Haastatellut eivät nähneet lohkoketjuilla olevan merkittävää roolia edellä mainittujen ongelmien ratkaisemisessa. Yleinen käsitys sote-ammattilaisten keskuudessa on, että kliinisten potilastietojen säilytyksen tulee olla potilasta hoitavan organisaation hallinnassa ja vastuulla. Hajautettua mallia, jonka lohkoketjuteknologia mahdollistaisi, ei nähdä tarkoituksenmukaiseksi potilaskertomustiedon säilytyksessä.

<sup>24</sup> <http://www.apotti.fi/>

## Henkilökohtaisten sote-tietojen hyödyntäminen hoidon yhteydessä

Kansalliset Kanta-palvelut ovat parantaneet potilastietojen saatavuutta sekä terveydenhuollon ammattilaisen, että kansalaisen näkökulmasta. Useissa haastatteluissa korostettiin tarvetta saada vielä nykyistä laajemmin henkilökohtaiseen terveyteen liittyvät tiedot hoitoprosessin ja potilaan itsensä käyttöön. Tällä hetkellä potilaan itse tekemien mittausten tulokset ja omat terveyshavainnot eivät ole ammattilaisen käytettävissä yhdessä näkymässä varsinaisten potilastietojen kanssa. Näin ollen nämä tiedot jäävät usein kokonaan hyödyntämättä potilaan hoidossa. Haastatellut asiantuntijat näkivät, että hoidossa pitäisi voida hyödyntää myös potilaiden itsensä tekemiä mittauksia. Myös tietojen siirtymisessä toimialarajojen yli on paljon parannettavaa. Erityisen hyödyllistä olisi saada asiakkaan sosiaali- ja terveystiedot yhteiseen näkymään. Erityyppisten ja eri lähteistä koottavan tiedon yhdistäminen on tärkeää erityisesti ennakoivan terveydenhoidon näkökulmasta, jolloin pyritään aikaisessa vaiheessa tunnistamaan yksilön terveysriskejä ja käynnistämään sairauksia ehkäiseviä toimenpiteitä. Terveyden ylläpitoon tähdätään mm. hoito- ja palvelusuunnitelmilla. Suunnitelmien ajantasainen ylläpito on merkittävä haaste, koska niitä laaditaan ja päivitetään useissa eri sote-palveluyksiköissä.

Laajaan, henkilökohtaisten sote-tietojen hyödyntämiseen liittyy myös paljon tietosuojakysymyksiä, joita ei ole vielä ratkaistu. Yksilön tulisi voida kontrolloida nykyistä paremmin ja yksityiskohtaisemmin henkilökohtaisten tietojensa käyttöä. Kansalaisen suostumustiedon hallinnassa nähtiin mahdollisuus lohkoketjuteknologian soveltamiselle.

Henkilökohtaisten tietojen ylläpidossa ja hyödyntämisessä nähtiin useita mahdollisia kohteita lohkoketjuteknologian hyödyntämiselle. Omahoidossa potilaan käytettävissä on laaja kirjo erilaisia sovelluksia ja palveluja, jotka eivät ole keskitetysti hallittuja ja valvottuja. Potilaan ja tätä hoitavan ammattilaisen on vaikea hahmottaa, millainen hyvinvointituote (esimerkiksi mobiilisovellus) tukisi parhaiten terveysongelman hoitoa. Haastatteluissa tuotiin esiin, että lohkoketjuteknologia mahdollistaisi sovellusten ja palvelujen liittymisen ekosysteemiksi ilman keskitettyä auktoriteettia. Ekosysteemi voisi tällöin mm. tuottaa ja pitää yllä sovellusten ja palvelujen kuvailu-, laatu- ja vaikuttavuustietoja siten, että ne olisivat luotettavasti kaikkien tarvitsijoiden saatavilla. Nämä tiedot perustuisivat tutkimus- ja testituloksiin, auditointeihin, käyttöaktiivisuustietoihin sekä suoraan käyttäjäpalautteeseen, joiden alkuperä ja muuttumattomuus varmistettaisiin lohkoketjulla. Toisaalta lohkoketju voi myös toimia kanavana, jonka kautta laitteet ja sovellukset vaihtavat tietoja keskenään. Näin lohkoketjujen avulla voitaisiin esimerkiksi muodostaa IoT-ekosysteemejä ("Internet of Things") terveyden monitorointiin. Yksi keskeinen haaste tällä hetkellä on potilaan itse tekemien mittausten tulosten luotettavuuden varmistaminen. IoT-ekosysteemiin voisi sisältyä lohkoketjuun perustuva lokitusratkaisu, jonka avulla yksittäisen mittauksen oikeellisuus olisi tarkistettavissa.

Yhtenä kiinnostavana sovelluskohteena mainittiin myös ihmiseen asennettujen proteesien ja laitteiden hallinta. Ilman keskitettyä auktoriteettia toimiva palvelu mahdollistaisi myös toisessa maassa asennettujen proteesien ja laitteiden rekisteröinnin siten, että asennetun proteesin tai laitteen tiedot olisivat käytettävissä potilaan kotimaassa.

## Henkilökohtaisten sote-tietojen toissijainen käyttö

Sote-tietojen toissijaisella käytöllä viitataan tietojen käyttöön muussa kuin alkuperäisessä tarkoituksessa. Toissijaista käyttöä on mm. tieteellinen tutkimus ja laadun seuranta. Erityisesti sote-uudistuksessa tavoiteltavan valinnanvapauden näkökulmasta olisi tärkeää saada tietoa palvelujen laadusta ja toimivuudesta. Yleinen käsitys on, että tällä hetkellä tietokantoihin kertyvää tietoa ei hyödynnetä läheskään riittävän tehokkaasti ja laajasti. Sote-tietojen

toissijaisen käytön uskotaan kuitenkin laajenevan huomattavasti valmisteilla olevan lainsäädännön, ”Laki sosiaali- ja terveystietojen tietoturvasäädännestä”, myötä (suunniteltu voimaantulo v. 2018 alussa). Lainsäädäntö mahdollistaisi tiedon hyödyntämisen tieteellisen tutkimuksen ohella myös kehitys- ja innovaatiotoimintaan. Em. lainsäädäntöön nojautuen Sitra on toteuttamassa ISAACUS-hanketta, jossa on mm. hahmoteltu Palveluoperaattori-toimija, joka huolehtisi keskitetyistä tiedon saatavuuteen liittyvistä prosesseista ja toiminnoista<sup>25</sup>. Hiljattain on valmistunut myös tiedon hyödyntämistä tukeva kokonaisarkkitehtuuri (STM 2017).

Suuri haaste on tällä hetkellä tiedon anonymisointi eli henkilötietojen tunnistettavuuden poistaminen siten, että yhdistäminen rekisteröityyn ei enää ole mahdollista. Käytännössä henkilötason tiedon täydellinen anonymisointi on useimmissa tapauksissa mahdotonta. Lohkoketjuteknologia ei tuo ratkaisua anonymisointihaasteeseen. Lisäksi, edellä mainittu lainsäädäntö perustuu keskitettyyn ja luotettuun toimijaan, jolloin lohkoketjuilla saavutettavat hyödyt eivät helposti realisoidu.

Toisaalta mahdollinen ratkaisu voi olla myös MyData –malli<sup>26,27</sup>, jossa henkilö kontrolloi tietojään itse tai MyData-operaattorin avulla ja antaa luvan toissijaiseen hyödyntämiseen. Tällöin henkilö voi itse arvioida tiedon merkityksen itselleen ja halutessaan hyväksyä luovutuksen toissijaiseen käyttöön. Haastatteluissa viitattiin myös Sitran hahmottamaan malliin, jossa jokaisella kansalaisella on oma terveystili (Health Account, HA) ja siihen liittyvä tilinumero (International Health Account Number, IHAN)<sup>28</sup>. Terveystiliratkaisuja on esitetty aikaisemminkin (mm. Taltioni). HA/IHAN- mallissa uutta on, että henkilökohtaiset tiedot pysyvät alkuperäisessä tallennuspaikassaan (esim. potilaskertomusjärjestelmässä), mutta henkilö voi keskitetysti kontrolloida niiden käyttöä. Aikaisemmissa terveystiliratkaisuissa suurimpana ongelmana on ollut niiden erillisyyksien kliinisistä potilastiedoista – integraatiota potilaskertomusjärjestelmien ja terveystilien välille ei ole saatu aikaan.

## Toimijaverkostojen hallinta

Sote-palvelujen tuottamiseen osallistuu laaja määrä julkisia ja yksityisiä toimijoita. Sote-uudistuksen myötä erityisesti yksityisen sektorin palveluntuottajien määrä todennäköisesti kasvaa entisestään. Varsinkin sosiaalipalvelujen tuottajissa on paljon pieniä toimijoita, joilla ei ole mahdollisuuksia investoida yhtenäisiin prosesseihin ja tietojärjestelmiin (Kuntaliitto 2016-2). Merkittävä haaste on myös se, että palveluiden (ml. virtuaalipalvelut) laatuvaatimukset ja sertifiointimenettelyt puuttuvat osittain tai kokonaan. Haastatteluissa lohkoketjuteknologialla nähtiin mahdollinen rooli kolmannen osapuolen tuottamiin sähköisiin palveluihin liittyvien sopimusten ja maksujen hallinnassa. Lohkoketjujen avulla voitaisiin toteuttaa tilaajasta ja tuottajasta riippumaton ratkaisu, joka ylläpitäisi palvelun laskutuksen pohjana olevaa seuranta-tietoa ja huolehtisi tilaajan veloittamisesta älysovelluksen avulla.

Mielenkiintoisena ajatuksena tuotiin myös esille lohkoketjujen mahdollinen hyödyntäminen lääkejaketjujen hallinnassa ja varmentamisessa. Lääkeväärennökset ovat erityisesti globaalista näkökulmasta merkittävä ongelma, mutta myös Suomessa tiedetään tapauksia, joissa vääreännöksiä on päässyt lailliseen jakeluketjuun.

<sup>25</sup> <https://www.sitra.fi/hankkeet/isaacus-esituotantohankkeet/>

<sup>26</sup> <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/78439>

<sup>27</sup> <https://mydata.org/finland/>

<sup>28</sup> <http://www.friendsofeurope.org/quality-europe/potential-health-3-0-effective-interactive-healthcare>

## 5.3 Haastattelutulosten arviointia

### Yleistä

Haastatteluissa löytyi mahdollisia soveltamiskohteita lohkoketjuteknologialle liittyen omahoitosovelluksiin ja laitteisiin sekä toimijaverkostojen hallintaan (Taulukko 5). Lohkoketjujen edut tulevat parhaiten esille tapauksissa, joissa ei ole tarvetta keskitetylle luotetulle taholle tai joissa olemassa oleva keskitetty malli kannattaa korvata hajautetulla mallilla. Potilas- ja asiakastietojen hallinnan tulee olemassa olevan lainsäädännön perusteella perustua luotettuun toimijaan (rekisterinpitäjä), eikä haastatteluissa nähty siinä selkeää roolia lohkoketjuteknologialle.

**Taulukko 5. Lohkoketjuteknologian mahdollisia rooleja sote-toimialalla.**

Ryhmä	Lohkoketjuteknologian mahdollinen rooli
Henkilökohtaisten sote-tietojen hyödyntäminen hoidon yhteydessä	<ul style="list-style-type: none"><li>• Omahoitopalveluiden ja -sovellusten hyväksyntä, arviointi ja vaikuttavuuden osoitus</li><li>• IoT-laitteiden muodostamat ekosysteemit (mm. terveyden monitorointi)</li><li>• Potilaan itse tekeminen mittausten ja havaintojen oikeellisuuden tarkistaminen esim. lohkoketjuun perustuvan lokituksen avulla</li><li>• Ihmiseen asennettujen proteesien ja laitteiden hallinta (ml. ulkomailta tehdyt operaatiot)</li><li>• Hajautettu/asiakaskeskeinen suostumus/luvitus tallentamalla suostumus- ja luvitustiedot lohkoketjuun</li></ul>
Toimijaverkostojen hallinta	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kolmannen osapuolen tuottamiin sähköisiin palveluihin (esim. tekoäly) liittyvät sopimukset ja maksut.</li><li>• Palveluseteli</li><li>• Lääkejaketjun hallinta ja varmentaminen</li></ul>

Haastatteluissa näkyi selkeästi, että sote-sektori mielletään muista palvelualoista poikkeavaksi. Sote-tietojen hallintaa säätelevät useat yleis- ja erityislait, kuten henkilötietolaki (523/1999), potilaslaki (785/1992), terveydenhuoltolaki (1326/2010), asetus potilasasiakirjoista (831/1994) sekä asiakastietolaki (159/2007 ja 1227/2010). Niiden tarkoituksena on toisaalta varmistaa yksilön tietosuojaa sekä toisaalta varmistaa, että palvelutapahtumat dokumentoidaan riittävällä tarkkuudella ja että tiedot ovat käytettävissä palvelutapahtuman jälkeen. Tämä on tärkeää potilaan tulevan hoidon näkökulmasta ja myös terveydenhuollon ammattilaisen oikeusturvan vuoksi. Nykyisessä mallissa tietojen tuottaminen ja ylläpito on vastuutettu sote-palvelunantajille sekä KELA:lle, joka ylläpitää kansallisia Kanta- ja Kansapalveluja (Huovila 2015). Sosiaali- ja terveydenhuollon potilas- ja asiakastiedoilla tulee siis aina olla nimetty vastuutaho (rekisterinpitäjä), mikä on jo henkilötietolain ja toukokuussa 2018 voimaan tulevan EU:n tietosuojaa-asetuksen perusteella selvää. Näin ollen potilas- ja asiakastietoja ei voida säilyttää hajautetussa lohkoketjussa, josta vastuutaho puuttuu.

Lohkoketjuteknologian hyödyntäminen tulisi periaatteessa kyseeseen yksityisessä lohkoketjussa, joka olisi rekisterinpitäjän hallinnoima. Tällöin kuitenkin lohkoketjuteknologian keskeinen ominaisuus – kyky rakentaa luottamus riippumattomien toimijoiden välille – jää saa-

matta. Toimialasta riippumatta lohkoketjuteknologiaa ei yleisesti pidetä kilpailukykyisenä tilanteessa, jossa tallennettavasta tiedosta vastaa luotettu taho<sup>29,30,31</sup>. Tällaisessa tilanteessa tiedonhallinta on toteutettavissa edullisemmin ja tehokkaammin luotetun tahon ylläpitämällä tietokantaratkaisulla<sup>32,33</sup>. Lisäksi tarve tietojen suojaamiseen aiheuttaa haasteen hajautetun lohkoketjun soveltamiselle, koska lohkoketju on lähtökohtaisesti avoin ja kaikkien luettavissa. Lohkoketjussa olevan tiedon salaus ei ole riittävän joustava ratkaisu, koska pääsyoikeuksia tulee voida dynaamisesti säätää. Tätä taustaa vasten on luonnollista, että lohkoketjuille ei haastatteluissa nähty roolia varsinaisten potilas- ja asiakastietojen tallennuksessa.

## Omahoitopalvelujen ja –sovellusten hyväksyntä

Sote-uudistuksen yhteydessä kirjatut säästötavoitteet ovat saavutettavissa vain, mikäli sairauksien ennaltaehkäisyssä ja palveluprosessin sujuvoittamisessa onnistutaan. Jotta kansalaiset voisivat aktiivisesti toimia oman terveytensä ja hyvinvointinsa hyväksi, tarvitaan investointeja proaktiivisesti terveyttä ylläpitäviin palveluihin ja sovelluksiin. Sote-uudistuksen yhteydessä hahmotetussa ICT-arkkitehtuurissa (Kuva 3) omahoitopalvelut ovatkin keskeisessä asemassa. ICT-arkkitehtuurissa huomioidaan se tosiasia, että yksilön terveyttä ja hyvinvointia tukevat palvelut ja sovellukset eivät läheskään aina ole terveydenhuoltojärjestelmän kiinteitä osia. Kysymyksessä voi olla esimerkiksi mobiilisovellus, jonka kansalainen itse hankkii käyttöönsä. Tavoitteena on, että heterogeenisen toimittajajoukon hyvinvointituotteet voisivat joka tapauksessa tuottaa tietoa, joka palvelee potilaan hoitoa julkisissa ja yksityisissä terveyspalveluissa. Sote-palvelujärjestelmää tukevassa ICT-arkkitehtuurissa (Kuva 3) tähän viitataan ”innovaatioportaalilla”, jonka kautta sovellukset ja palvelut kytkeytyvät sote-palvelujärjestelmään. Vaikka näiltä sovelluksilta ja palveluilta ei läheskään aina vaadita lääkintälaittehyväksyntää, on tärkeää varmistua, että ne täyttävät vähintään tietyt peruskriteerit, mm. turvallisuuteen ja tekniseen yhteensopivuuteen liittyen. Lisäksi tarvitaan riippumatonta tietoa siitä mihin tapauksiin yksittäinen tekninen ratkaisu soveltuu, kun huomioidaan käyttäjien vaihteleva kyvykyys hyödyntää uutta teknologiaa.

Omahoitopalvelujen ja sovellusten kirjo on laaja, eikä tällä hetkellä ole käytettävissä keskitettyä rekisteriä, joka kokoaisi hyvinvointipalvelujen ja sovellusten hyväksyntä-, arviointi-, vaikuttavuus- ja soveltuvuustietoa. Tällaista tietoa tarvitsisivat toisaalta loppukäyttäjät sekä toisaalta hyvinvointi- ja terveyspalvelujen tuottajat ja järjestäjät. Joitakin yrityksiä ”sovellustietokannan” aikaansaamiseksi on käynnissä. NHS UK on toteuttanut sovellusrekisterin<sup>34</sup>, johon yritykset voivat tarjota sovelluksiaan. Rekisteriin pääsy edellyttää NHS:n hyväksyntäprosessin läpäisemistä. Myös Suomen kansalliseen PHR:ään kytkettävät kaupalliset sovellukset joutuvat läpikäymään hyväksyntäprosessin<sup>35</sup>. Samoin toimittiin myös Taltioni-palvelussa<sup>36</sup>, joka kuitenkin ei saavuttanut riittävää suosiota ja on hiljattain lopetettu. Jatkossa tulisikin kiinnittää enemmän huomiota sovelluspankkien houkuttelevuuteen sekä yksilöiden että palveluita tarjoavien yritysten näkökulmasta.

Keskitetyllä sovellustietokannalla on kaksi merkittävää haastetta. Ensimmäinen on hyvinvointisovellusten ja palvelujen valtava määrä. mHealth-sovelluksia arvioitiin v. 2015 olevan

<sup>29</sup> <https://www.multichain.com/blog/2016/03/blockchains-vs-centralized-databases/>

<sup>30</sup> <https://www.coindesk.com/information/what-is-the-difference-blockchain-and-database/>

<sup>31</sup> <https://blog.ul-ts.com/posts/blockchains-in-transit/>

<sup>32</sup> <https://www.americanbanker.com/opinion/centralized-blockchain-projects-are-doomed-to-failure>

<sup>33</sup> <https://www.finextra.com/blogs/fullblog.aspx?blogid=11413>

<sup>34</sup> <https://apps.beta.nhs.uk/>

<sup>35</sup> <http://www.kanta.fi/en/web/ammattilaisille/tietosisallon-kehittaminen>

<sup>36</sup> <https://www.sitra.fi/aiheet/taltioni/#mista-on-kyse>

165000 (Aitken 2015). Näistä vain murto-osa on mahdollista arvioida ja hyväksyttävä keskitetyksi. Toinen haaste on se, että sovellukset ja palvelut muuttuvat jatkuvasti, jolloin kutakin hyväksyttyä sovellusta tulisi seurata aktiivisesti hyväksynnän jälkeen. Näistä syistä johtuen keskitetyn arviointi- ja hyväksyntäpalvelun toteutus- ja ylläpitokustannukset voivat nousta korkeiksi. Varsinaisten sosiaali- ja terveystietopalvelujen tietoja tuki löytyy THL:n ylläpitämästä Palveluvaaka palvelusta<sup>37</sup>, mutta laajalle, myös sovellukset ja palvelut kattavalle tietopalvelulle, on vaikea löytää maksajaa. Edullisempi vaihtoehto on nojautua hajautetusti tuotettuun tietoon, joka on koottu kaikkien tarvitsijoiden saataville ja jonka alkuperä ja luotettavuus ovat kaikkien arvioitavissa. Hajautetusti tuotettuun tietoon sisältyisivät mm. tieteelliset tutkimustulokset, pilottikokeilujen tulokset, sovellusten käyttöaktiivisuus, loppukäyttäjien palautteet sekä palveluntuottajien toteuttamat selvitykset ja auditoinnit.

Vastuu tietojen kokoamisesta olisi mahdollista keskittää luotetulle osapuolelle. On kuitenkin epätodennäköistä, että tähän tehtävään osoitettaisiin julkista rahoitusta. Lisäksi, palvelun tulisi olla tasapuolinen sovellusten ja palvelujen toimittajien suuntaan, jolloin luotetun tahon rooliin voi olla vaikea löytää alan yksityistä yritystä, joka kaikkien ekosysteemin toimijoiden kannalta hyväksyttävä.

Tällainen toimintaympäristö sopisi hyvin hajautetun lohkoketjuteknologian soveltamiselle, jolloin kukin toimija olisi vastuussa tietojen kokoamisesta ja saattamisesta lohkoketjunalustan kautta avoimeen käyttöön. Edellä kuvatut tiedot tallennettaisiin lohkoketjuun, joka olisi avoimesti kaikkien halukkaiden selattavissa. Lohkoketju ei pysty suoraan todistamaan tiedon oikeellisuutta, vaan ainoastaan, että tietty tieto on tietyllä ajanhetkellä liitetty ketjuun. Näin esimerkiksi web-sivustossa anonymisti annetun käyttäjäpalautteen aitoutta ei ole mahdollista varmistaa. Lohkoketjuun tallentuu kuitenkin sähköisellä allekirjoituksella varmistetut metatiedot (mm. tiedon tallentanut sovellus), jolloin tiedon oikeellisuus on arvioitavissa. Lohkoketjuteknologia on tässä potentiaalinen vaihtoehto erityisesti siksi, että tallennettava tieto on lähtökohtaisesti julkista. Lohkoketjun avulla voidaan varmistaa, että tiedot ovat alkuperäisenä ja muuttumattomana kaikkien tarvitsijoiden käytettävissä.

## Yksilökeskeinen suostumusten hallinta ja identiteetti

Potilaan suostumusta tarvitaan mm. silloin, kun potilastietoja siirretään rekisterinpitäjien välillä. Tällä hetkellä kansalainen antaa suostumuksen tietojensa käyttöön Kanta-palvelussa. Tämä ei kuitenkaan kata Kanta-palvelujen ulkopuolella olevia terveystietoja. Kanta-palveluun sisältyvä suostumusten hallinta ei kata biopankkisuostumusta tai erillisiä lääketieteellisiin tutkimuksiin liittyviä suostumuksia, eikä myöskään erilaisissa sovelluksissa ja asiointipalveluissa annettavia asiakkaan tietojen käyttöä koskevia suostumuksia. Esimerkiksi, edelleen puuttuu suostumusratkaisu, jolla kansalaisen voisi joustavasti jakaa itse keräämiään tietoja tutkimuskäyttöön. Haastattelujen perusteella ongelmana on myös se, että suostumukset ovat yksilön kannalta liian kattavia, ts. suostumuksia pyydetään usein liian laajoihin ja epätarkasti määriteltyihin käyttötarkoituksiin. Kansalaisen tulisi voida joustavasti antaa suostumuksensa tiettyyn tarkoitukseen ja tarkasti määriteltyksi ajaksi.

Suostumusten ohella myös yksilön identiteetin hallinnassa nähdään paljon haasteita. Kansalainen käyttää kasvavaa määrää tunnistautumista edellyttäviä sähköisiä palveluita. Vallitsevan paradigman mukaan sähköiset palvelut ylläpitävät laajoja käyttäjärekistereitä, joita vastaan tunnistautuminen tapahtuu. Federoitu tunnistautuminen vähentää erillisten käyttäjärekisterien tarvetta, mutta ei poista keskitettyyn käyttäjähallintaan sisältyviä ongelmia. Laajat käyttäjärekisterit ovat alltiita tietoturvahyökkäyksille sekä niiden seurauksena tapahtuville

<sup>37</sup> <https://www.palveluvaaka.fi/>



henkilötietojen loukkauksille, joista aiheutuvat kustannukset ja inhimilliset haitat ovat merkittäviä<sup>38</sup>. Toisaalta tunnistautumistietoja ja niihin sidottuja henkilötietoja kontrolloiva yritys on vahvassa asemassa yksilöön nähden, joka useissa tapauksissa joutuu hyväksymään omalta kannaltaan epäedullisia käyttöehtoja.

Ratkaisuksi on esitetty käyttäjäkeskeistä identiteettiä (self-sovereign identity<sup>39</sup>). Termin määrittely ei ole täysin vakiintunut, mutta ydinajatuksena on luopua palvelukohtaisista tunnistautumISRatkaisuista ja käyttäjärekistereistä ja siirtää identiteetin hallinta käyttäjälle. Käytännössä yksilö (tai organisaatio) voisi vapaasti luoda itselleen identiteettejä ja liittää niihin attribuutteja, kuten henkilötietojaan ja suostumuksiaan. Lisäksi käyttäjän tulisi hankkia identiteetteihinsä sidotuille tiedoille yksi tai useampia varmentajia, jotka kryptografisin menetelmin vahvistavat tiedot oikeiksi. Varmennetut tiedot tallennettaisiin käyttäjän hallintaan siten, että ne ovat esitettävissä palvelujen käytön yhteydessä. Ajatuksena on, että yksilö voi tällöin luovuttaa vain ne attribuutit, jotka kulloinkin tarvitaan palvelun toteuttamiseksi. Järjestelyä on verrattu digitaaliseksi versioksi paperidokumentteihin perustuvasta tunnistautumisesta, jossa tunnistautumisväline pysyy yksilön hallussa. Käyttäjäkeskeistä identiteettiä tukemaan tarvittaisiin kehittynyt ohjelmistoinfrastruktuuri, joka automatisoisi edellä mainitut toiminnot ja tarjoaisi tarvittavat käyttöliittymät ja rajapinnat.

Käyttäjäkeskeistä lähestymistapaa henkilötietojen hallintaan on suositeltu myös EU:n tietosuojavaltuutetun lausunnossa (EU 2016). Siinä on hahmotettu henkilötietojen hallintajärjestelmiä (Personal Information Management Systems, PIMS), jotka mahdollistaisivat yksilökeskeisen tietojen hallinnan, jakamisen ja suojaamisen. Näitä MyData-periaatteita on viime aikoina laajasti nostettu esiin useiden kehityshankkeiden ja yhteisöjen kautta. Myös EU:n yleinen tietosuojasetus tukee MyData ajattelua. Se mm. edellyttää, että yksilö saa halutesaan omat tietonsa ulos sähköisestä palvelusta jatkokäsiteltävässä muodossa ja, että henkilötietoihin kohdistuvat suostumukset ovat luonteeltaan vapaaehtoisia, yksilöityjä, tietoisia ja yksiselitteisiä.

Käyttäjäkeskeistä identiteettiä on ehdotettu toteutettavaksi mm. lohkoketjupohjaisen ratkaisun avulla. Lohkoketjuteknologian soveltuvuudesta esiintyy vaihtelevia käsityksiä alan asiantuntijoiden piirissä. Ongelmia nähdään erityisesti siinä, että identiteettitietoja tallennettaisiin, joko täysin avoimeen tai esimerkiksi pankkien yhteisesti hallinnoimaan lohkoketjuun. Identiteettitietojen monistaminen laajan toimijajoukon käyttöön on ristiriidassa olemassa olevan lainsäädännön kanssa ja lisää sen säilytykseen liittyvää kyberturvallisuusriskiä<sup>40</sup>. Sovrin on lohkoketjuun perustuva luottamus- ja identiteettiverkko, jossa yksilöä koskevat tiedot tallennetaan lohkoketjun ulkopuolelle käyttäjän hallinnoimiin palveluihin<sup>41</sup>. Sovrin-lohkoketjussa ylläpidetään vain julkisia tietoja, kuten käyttäjän identiteetteihin sidottuja julkisia avaimia ja linkkejä palvelurajapintoihin, joihin yksilöä koskevat attribuutit ("claims" and "proofs") on tallennettu. Yksilön tietojen oikeellisuus on aina tarkistettavissa lohkoketjuun tallennetun julkisen avaimen avulla.

Suostumukset ovat henkilökohtaista tietoa, jota voitaisiin hallita käyttäjäkeskeisen identiteettiratkaisun avulla. Parhaimmillaan suostumushallinta voitaisiin toteuttaa myös siten, että kansalaisen kaikki suostumukset sijaitsisivat hajautetussa lohkoketjussa ja olisivat siellä tarkistettavissa. Ratkaisu olisi tehokas siinä mielessä, että asiakas- ja potilastietoa käsittelevien palvelutarjoajien ei tarvitsisi toteuttaa omia suostumuspalvelujaan ja yksilölle voitaisiin

<sup>38</sup> <http://money.cnn.com/2017/09/07/technology/business/biggest-breaches-ever/index.html>

<sup>39</sup> <http://www.lifewithalacrity.com/2016/04/the-path-to-self-sovereign-identity.html>

<sup>40</sup> <https://bitsonblocks.net/2017/05/17/a-gentle-introduction-to-self-sovereign-identity/>

<sup>41</sup> <https://sovrin.org>



helposti toteuttaa palvelu, jossa kaikki suostumukset on koottu samaan näkymään. Lohko-  
ketjuteknologiaan perustuvan suostumusratkaisun haasteena on se, että annettu suostumus  
on luottamuksellista tietoa, jolloin tarvittaisiin lisäksi mekanismi suostumustiedon suoja-  
miseksi. Sovrinissa luottamus perustuu Trust Anchor -verkostoon ("web of trust"). Verkos-  
toon kuuluvat palvelut ("agency") hallinnoivat sovelluksia ("agents"), jotka käsittelevät käyttä-  
jän luottamuksellisia tietoja, mm. yksityisiä avaimia. Sovrinin ja muiden vastaavien ratkaisui-  
den etuna on, että käyttäjä pääsee itse hallitsemaan identiteettiään nykyistä paremmin. Le-  
viämisen haasteena on kansallinen lainsäädäntö, jossa tiedonkäsittely on organisoitu keski-  
tettyjen rekisterien ympärille. Esimerkiksi, Kanta-palvelun suostumusmalli perustuu ao. lain-  
säädäntöön, jolloin Kanta-suostumusta koskevat muutokset eivät ole realistisia lyhyellä ai-  
kavälillä. Haasteena on myös se, että luottamusmalli on uusi ja on vielä epäselvää, miten  
käyttäjät suhtautuvat siihen.

## Sähköisiin palveluihin liittyvät sopimukset ja maksut

Kuten "Omaishoitopalveluiden ja -sovellusten hyväksyntä" -kappaleessa todettiin, tulevai-  
suuden sote-palveluissa pyritään hyödyntämään yritysten tuottamia terveyttä ja hyvinvointia  
tukevia sähköisiä palveluja. Sote-palveluntarjoaja tai viranomainen tekisi tällöin sopimuksen  
palvelun toimittajan kanssa siitä, että potilaat saavat käyttöönsä ao. palvelun. Toisaalta, va-  
linnan vapauden hengessä, potilaan tulisi voida valita vaihtoehtoisten palveluiden välillä.

Sote-uudistuksessa valinnanvapauden toteuttamisessa on tarkoitus hyödyntää henkilökoh-  
taista budjettia ja asiakasseteliä, joita maakunta liikelaitos käyttää tapauksissa, joissa asiak-  
kaalle kustannetaan jonkun muun palveluntuottajan palvelu. Erityisesti sähköisten palvelu-  
jen kohdalla tarvittaisiin ketterämpiä menettelyjä, koska erilaisia palveluvaihtoehtoja on pal-  
jon ja käyttötapa eroaa perinteisistä fyysiseen käyntiin perustuvista palveluista. Sähköisen  
palvelun veloitus potilasta kohden voi olla hyvinkin pieni, koska henkilötöpanosta tarvitaan  
vähän ja palvelun markkina-alueena voi olla koko maailma. Sähköisissä palveluissa olisi  
myös mahdollista automatisoida koko sopimus- ja laskutusprosessi sekä huomioida hinnoit-  
telussa automaattisesti asiakastyytyväisyys. Yksi vaihtoehto olisi erityisesti sähköisiä sote-  
palveluja varten toteutettu digitaalinen raha ("hyvinvointiraha"), jota sote-asiakkaat saisivat  
käyttöönsä sähköisten palvelujen hankkimiseksi. Hyvinvointirahan käyttö voitaisiin mahdol-  
listaa vain tiettyihin hyväksytyihin palveluihin (vrt. kappale "Omaishoitopalveluiden ja -sovel-  
lusten hyväksyntä").

Yrityksen näkökulmasta on luonnollisesti oleellista, että digitaalinen raha on automaattisesti  
hyödynnettävissä yrityksen maksusuorituksissa. Tämä edellyttää digitaalisen rahan vaihta-  
mista euroiksi, jolloin infrastruktuuriin tulee sisältyä palvelu, joka tämän vaihdon toteuttaa.

## Tietorakenteet

Useissa haastatteluissa viitattiin yhteisiin tietorakenteisiin ja sanastoihin. Ne ovat keskeisiä  
sovellusten välisen tiedonsiirron mahdollistamiseksi. Tähän asti mielenkiinto on kohdentunut  
potilas- ja asiakastietojen määrittelyyn. Yhä tärkeämmäksi sote-palveluissa on nousemassa  
omahoitoon liittyvien tietojen rakenne- ja sanastomäärittelyt siten, että tiedot ovat hyödyn-  
nettävissä hoitoprosesseissa ja tekoälyyn perustuvissa päätöstukisovelluksissa. Myös tie-  
don liikkuminen toimialarajojen yli on tärkeää. Esimerkiksi, sähköisellä kauppakuitilla on  
suuri potentiaali. Se mahdollistaisi yksilön ostosten sähköisen käsittelyn ja tuottaisi hyödyll-  
istä tietoa mm. hyvinvoinnin ylläpitoa tukeville sovelluksille. Erilaisten tietojen välittäminen  
on haasteellista, koska yhteiset tietorakenteet ja sanastot puuttuvat tai niitä ei käytetä.

Tietorakenteista sopiminen on tärkeää myös lohkoketjusovellusten kannalta. Lohkoketju ei itsessään ota kantaa tietosisällön määriteltyyn rakenteeseen. Tieto tallennetaan ketjuun sellaisenaan ja tiedon lukijan tulee osata tulkita tallennetun tiedon sisältö. Tämä on huomiotettava lohkoketjutoteutuksia suunniteltaessa. Vaikka lohkoketjuteknologia tukee ilman luotettua tahoa toimivia verkostoja, on jonkun tai joidenkin verkostossa kuitenkin otettava vastuu käytettävien tietorakenteiden ja sanastojen määrittelystä ja määritysten ylläpidosta sekä olemassa olevien standardien käytöstä.

## Motivointi

Lohkoketjujen soveltamiskohteiden osalta keskeinen kysymys on miten motivoidaan lohkoketjusovelluksen toteutus ja tarvittavan hajautetun infrastruktuurin (mm. loushintapalvelimet) ylläpito. Lohkoketjulla toteutetun digitaalisen rahan yhteydessä "motivaatio" on sisäänrakennettu järjestelmään: loushintapalvelimien ylläpitäjät saavat palkan ao. valuuttana. Jos lohkoketjusovellukseen ei sisälly digitaalista rahaa, täytyy jollain muulla tavalla varmistaa, että infrastruktuuri syntyy ja tulee ylläpidetyksi. Esimerkiksi "Omahoitopalveluiden ja -sovellusten hyväksyntä" -kappaleessa kuvatussa omahoitopalvelujen ekosysteemissä voidaan edellyttää, että ekosysteemiin osallistuvista yrityksistä suurimmat huolehtivat loushintapalvelimista.

## 5.4 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Johtopäätökset haastatteluista ovat:

1. Yleisesti lohkoketjuteknologialla nähdään mahdollinen rooli luottamuksen rakentajana silloin, kun keskittynyt luotettua tahoa ei ole tai sellainen on korvattavissa hajautetulla toimijaverkostolla.
2. Potentiaalisena sovellusalueena nousi selkeimmin esille hyvinvoinnin ylläpidossa ja omahoidossa hyödynnettävien sovellusten ja palvelujen verkoston luottamuksen rakentaminen. Lohkoketjuteknologiaa olisi mahdollista hyödyntää mm. verkostoon kuuluvien hyvinvointituotteiden (mm. IoT-laitteiden) laatutietojen varmentamiseen ja julkaisemiseen. Varmennetulle tiedolle on kasvava tarve pyrittäessä siirtämään painopiste kalliista hoidoista ennakoivaan hyvinvoinnin ylläpitoon.
3. Toinen mahdollinen sovelluskohde on sähköisiin palveluihin liittyvät sopimukset ja maksut. Lohkoketjuteknologian avulla voidaan toteuttaa sekä palveluntarjoajien että palveluntarjoajan ja asiakkaan välisiä maksuja. Erityisesti sähköisiin palveluihin liittyvät maksut voivat olla hyvinkin pieniä, jolloin lohkoketjuilla toteutettu sopimus ja arvonsiirto voi olla esimerkiksi perinteistä palvelusetelijärjestelmää joustavampi ratkaisu.
4. Lohkoketjuteknologia on nähtävä yhtenä mahdollisena toteutusvaihtoehtona sosiaali- ja terveydenhuollon toimialalla. Tarvitaan lisäselvityksiä ja käytännön kokeiluja teknologialla saavutettavien hyötyjen osoittamiseksi.
5. Konkreettisenä jatkotoimenpiteenä ehdotamme edellä mainittuihin sovellusalueisiin kohdentuvan proof-of-concept ratkaisun toteuttamista ja pilotointia valitussa kokeilu-maakunnassa.

## 6. KANSAINVÄLINEN NÄKÖKULMA

### 6.1 Yleiskuva

Hankkeen kolmannessa työpaketissa suoritettiin kotimaisten sote- ja lohkokejtutoimijoiden haastatteluiden lisäksi myös kansainvälisen näkökulman kartoitusta, jonka kohteeksi valikoitui lopulta Viro. Viron lohkokejtuojaaminen ja erityisesti sen hyödyntäminen sosiaali- ja terveydenhuollossa sekä valtionhallinnossa voidaan sanoa olevan edistyksellistä verrattuna useisiin maihin. Maa onkin toteuttanut erilaisia lohkokejtuprojekteja mm. henkilö- ja terveys-tietoihin sekä e-kansalaisuuteen liittyen ja kehitteillä on esimerkiksi lohkokejtupohjainen arvopaperipörssi.

### 6.2 Tulokset

Hankkeen aikana käytiin haastattelemassa kolmea eri organisaatiota, joista Guardtime ja Helmes ovat lohkokejtutoimijoita, jotka ovat toteuttaneet ratkaisuja mm. valtionhallinnolle. Kolmas organisaatio eli Viron terveyden ja hyvinvoinnin tietojärjestelmien keskus (TEHIK) hyödyntää lohkokejtuteknologiaa terveystietojen hallinnassa. Haastattelut toteutettiin Virossa 1.-2.6.2017.

#### Guardtime

Guardtime on erityisesti lohkokejtuihin erikoistunut virolainen tietoturvayritys, joka on perustettu vuonna 2007. Guardtimella on noin 150 työntekijää, sen pääkonttori on Amsterdamissa ja sillä on lisäksi toimistoja Virossa ja Yhdysvalloissa. Yrityksen pääasiakkaat ovat tietoliikenne-, puolustus- ja valtionhallinnon sektoreilla, mutta vuodesta 2016 se on tehnyt ratkaisuja myös terveydenhuoltoon. Yrityksen tavoitteena on luoda varmistettua tietojen eheyttä (provable data integrity) tarjoavia ratkaisuja ja sen yhtenä päätuotteena on Keyless Signature Infrastructure (KSI) -ratkaisu, joka toimii ilman erillistä julkisen avaimen järjestelmää.

Yrityshaastattelun perusteella lohkokejtuteknologian haasteina on hajautetun tiedon eheys (muuttumattomuus) sekä skaalautuvuusongelmat. Guardtimen hybridimallissa asiakas laskee tiivisteiden (hash-arvo) hallussaan olevasta datajoukosta tietynä ajanhetkenä ja Guardtimen KSI tarjoaa aikaleiman sekä allekirjoituksen kyseiselle tiivisteelle. Allekirjoitus mahdollistaa asiakkaalle keinon varmentaa datan eheys luotettavasti, mutta se ei tarjoa keinoja tiedon jakamista, hajautusta tai sen salausta varten. KSI mahdollistaa hyvin skaalautuvan toteutuksen sekä hyvän käytettävyyden, koska varmennettava tieto pysyy tarvittaessa koko ajan asiakkaan hallussa sen omissa järjestelmissä.

Yksi tulevaisuuden haasteista on Guardtimen mukaan tiedon salaus. Kvanttilaskennan kehittyessä nykyiset käytössä olevat salausalgoritmit ovat riittämättömiä erityisesti terveys- tai vastaavien erityisen pitkään säilytettävien tietojen osalta. Esim. terveystiedot tulee säilyttää jossakin maissa jopa sata vuotta ja tietojen eheyskin pitää varmistaa kerrallaan jopa kymmeniksi vuosiksi. Koska Guardtime varmentaa mm. Viron digitalisaation keskeisiä tietoja (esim. e-kansalaisuustiedot) niin yritys julkaisee noin kerran kuukaudessa KSI -tuotteen lohkokejtun juurihakemiston tiivisteiden (Kuva 7) valituissa sanomalehdissä (esim. Financial Times) ja pyrkii sillä keinoin varmistamaan, että sen asiakkaat voivat luotettavasti todistaa

KSI-tuotteella varmistettujen tietojen eheyden myös siinä tapauksessa, että yritystä tai tuotetta ei enää ole olemassa. Tämä tekee samalla ko. lohkoketjun muokkaamisen väärennös-tarkoituksessa käytännössä mahdottomaksi, koska digitaalisessa muodossa tallennettujen tiivisteiden muuttamisen lisäksi mahdollisen väärentäjän pitäisi käydä muuttamassa myös kansallisissa- ja vastaavissa arkisoissa olevat sanomalehtikopiot, jotta muokkausta ei pysy-tyttäisi havaitsemaan.



*Kuva 7. Esimerkki lehdessä julkaistusta Guardtimen lohkoketjun juurihakemiston tiivisteestä (Guardtime 2017)*

Guardtimen mukaan arkaluontoista dataa ei ole suositeltavaa tallentaa hajautettuun lohkoketjuun. Toisaalta myöskään tietojärjestelmien lokitietoja ei kannata tallettaa lohkoketjuun ilman kontekstittietoa (esim. tiiviste), koska pelkän lokitiedon pohjalta on vaikea varmentaa mitään tapahtumia luotettavasti. Tulevaisuuden merkittävänä haasteena on tietojen suojaus ja sen hallinta. Nykyisten toteutusten haasteena on skaalautuvuuden lisäksi usein myös riippuvuus yksittäisestä tai useammasta toimijasta, joka kontrolloi ratkaisua riittävässä määrin ja vie sen kehitystä eteenpäin. Esim. bitcoinissa tällaista toimijaa ei ole, mikä aiheuttaa epävarmuuden sen olemassaolosta esim. kymmenen vuoden päästä. Myös lainsäädäntö aiheuttaa hidasteita lohkoketjuteknologian kehittymiselle, koska lainsäätäjät eivät ymmärrä teknologiaa. Toisaalta GDPR voi luoda uusia mahdollisuuksia alan toimijoille. Yrityspuolella tarvitaan myös enemmän menestystarinoita ja laajempaa teknologiakehitystä, jotta teknologia kokee läpimurron. On kuitenkin muistettava, että viime kädessä lohkoketjuteknologia on vain yksi työkalu muiden joukossa eikä se välttämättä näy loppukäyttäjälle. Sen sijaan äly-sopimukset ja niiden tuoma automatiikka koetaan hyödylliseksi ja haastattelun perusteella ne voivat olla merkittävässä roolissa markkinoilla jo 10-20 vuoden päästä.

Haastattelussa tuli esille myös termi Estonian Data Embassies, joka tarkoittaa kaiken Viron tärkeän tiedon tallentamista eri maihin (tällä hetkellä Luxemburg) sijaitseville palvelimille.

## TEHIK

Viron terveyden ja hyvinvoinnin tietojärjestelmien keskus on perustettu vuoden 2017 alussa. Sen tehtävänä on toimia keskeisenä osaamiskeskuksena terveyden ja hyvinvoinnin tietojärjestelmien osalta ja se hallinnoi mm. kansalaisten terveystietoja. TEHIK:in palvelukokonaisuus koostuu kolmesta portaalista:

- Potilasportaali, missä potilaat voivat mm. sallia tai estää terveystietojensa käytön tietyiltä lääkäreiltä
- Lääkäriportaali, missä lääkärit voivat hakea potilastietoja ja toisaalta syöttävät potilaskertomustietoja lääkärikäynneistä

- Sosiaalivakuutusportaali

Järjestelmä on rakennettu X-Road -palveluväylän pohjalta ja siinä hyödynnetään Viron sähköistä henkilökorttia sekä väestörekisteriä.

TEHIK:in haastattelun perusteella yksi merkittävä haaste lohkoketjuissa on terveystietojen anonymisointi. Tiedon anonymisointi vähentää tiedon hyödynnettävyyttä, mutta toisaalta se ei poista mahdollisuutta selvittää tietojen kohdetta, mikäli käytössä on toissijaista tietoa esim. erityisistä sairauksista tai lääkärikäyntien ajankohdista. Toinen haaste on lohkoketjun koko terveystietojen tallennuksen tapauksessa. Esim. joka yö suoritettava eheystietojen varmistus 30 päivän ajalta kuluttaa järjestelmässä paljon resursseja. Myös tiivisteen aikaleimojen ja allekirjoituksen nopeus on kriittinen tekijä, koska terveystiedot päivittyvät jatkuvasti. Potilastietojen puolella yksityisen sektorin tekemät haut potilastietoihin on vaikea havaita, koska lääkärit tai muut toimijat eivät aina ole kirjautuneena järjestelmään. Tästä syystä potilaille on annettu oikeus piilottaa tietoja yksityisen sektorin toimijoilta.

## Helmes

Helmes on vuonna 1991 perustettu ohjelmistotalo, joka tekee kriittisiä liiketoimintaratkaisuja mm. terveydenhuoltoon, finanssialalle, logistiikkaan, tietoliikenteeseen ja teollisuuteen. Yrityksellä on yli 250 työntekijää, sen pääkonttori on Virossa ja lisäksi toimipiste Valko-Venäjällä. Yritys on tehnyt muutamia lohkoketjuratkaisuja asiakkaille mm. Guardtimen kanssa, mutta varsinainen läpimurto teknologian hyödyntämisessä on vasta tulossa.

Helmeksen mukaan lohkoketjuteknologian suurin haaste on se, että sillä yritetään ratkaista ongelmia, jotka eivät välttämättä edes ole ratkaistavissa ko. teknologialla. Haasteita aiheuttaa myös digitaalisen ja reaali maailman erot; esim. reaali maailma on paljon turvattomampi ja myös fyysinen linkki puuttuu maailmojen väliltä.

Lohkoketju soveltuu erityisen hyvin esim. omistustietojen (esim. ajoneuvot, maa-alueet sekä niiden omistussuhteen muutokset ja sopimusten osapuolet) tallentamiseen ja jakamiseen, kun taas yksityiskohtaisemmat tiedot liittyen omistuksen kohteeseen, esim. huoltoihin tai kilometreihin kannattaa ylläpitää jossain muussa järjestelmässä, johon voi olla linkki omistustiedoista. Lohkoketjuun ei ole suositeltavaa tallentaa mitään henkilökohtaista tietoa ja toisaalta esim. kappale tietojen (esim. lihanpalojen) tallennus ei ole järkevää päivitetävyyden vuoksi. Esimerkkeinä käytiin läpi vaatteiden alkuperä, autojen vuokraus, ruokaketjut, valtioiden ja kuntien julkiset omistukset.

Viro ja Suomi ovat haastattelun perusteella lohkoketjuteknologian kärkimaita, mutta tiedon luotettavuuden varmistaminen tulee olemaan myös em. maissa suuri haaste tulevaisuudessa. Tähän on syynä mm. kansalaisten identiteetin ja tietojen siirtyminen yhä tiiviimmin verkkoon nykyisestä fyysisestä maailmasta.

## 6.3 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Johtopäätökset haastatteluista ovat:

1. Lohkoketju soveltuu huonosti terveystietojen ja muiden arkaluontoisten tietojen tallennukseen. Sen sijaan esim. ajoneuvon tai tonttien omistustiedot sekä omistuksen muutokset soveltuvat hyvin tallennettavaksi lohkoketjuun, kunhan mukaan ei oteta liikaa yksityiskohtia (esim. huolto- tai vastaavien yksityiskohtaisempien tietojen tallennus).
2. Tulevaisuudessa yhtenä merkittävänä haasteena tulee olemaan tietojen suojaus ja tiedon eheyden varmistaminen.
3. Lohkoketjuihin ei kannata tallentaa kaikkea mahdollista, vaan on tarkasti päätettävä ensin mitä, missä, miksi ja milloin tallennetaan.
4. Riskianalyysi pitää tehdä kunnolla ennen päätöksiä.

## 7. HYVINVOINTIA EDISTÄVÄN EKOSYSTEEMIN VI-SIO

### 7.1 Hyvinvointia edistävä ekosysteemi tuo moninkertaista hyötyä

#### Palvelujärjestelmän keskiössä ennakoiva hyvinvoinnin edistäminen

Sosiaali- ja terveydenhuollon 3 mrd:n euron säästötarpeen saavuttaminen edellyttää aivan uudenlaisia palvelumalleja ja ennakoivaa toimintaa. Sote-uudistuksella pyritään erityisesti vahvistamaan perusterveydenhuoltoa sekä siirtämään painopiste sairauksien hoidosta terveyden ja hyvinvoinnin ylläpitoon. Tässä siirtymässä ei ole kyse yksittäisten uusien palveluiden kehittämisestä täydentämään aiempaa palvelutarjontaa vaan koko palvelujärjestelmän yhteistoiminnan toteuttamisesta uudella tavalla. Siihen tarvitaan julkisen, yksityisen ja kolmannen sektorin yhteistoimintaa sekä myös yksilöiden omaa aktiivista osallistumista. Yksilön oma toiminta on merkittävässä roolissa ja siksi tarvitaan sovelluksia ja palveluita, joilla yksilöä motivoidaan ja tuetaan. Hyvinvointiekosysteemi kokoaisi julkisen sote-palvelujärjestelmän yhteyteen heterogeenisen joukon hyvinvointituotteita tarjoavia yrityksiä, kolmannen sektorin toimijoita sekä kyseisten tuotteiden käyttäjiä ja käyttäjäorganisaatioita. Tarvitaan siis uudenlainen terveyttä ja hyvinvointia edistävä ekosysteemi joka hyödyntää myös digitaalisia palveluita ja alustataloutta. Säästöt eivät ole tällaisen ekosysteemin ainoa etu vaan suurin etu on kansalaisten parantunut hyvinvointi.

#### Uutta liiketoimintaa ja vientiä

Luomalla kehittyvä ekosysteemi yksittäisten palveluiden sijaan on mahdollista synnyttää moninkertaisia hyötyjä. Terveysteknologia on merkittävä kasvava korkean teknologian viennin aluetalouden ekosysteemin avulla voidaan luoda aivan uutta yritystoimintaa ja vientiä ja sitä kautta taloudellista hyvinvointia. Liiketoimintamahdollisuuksia syntyy näin perinteisemmän palvelusektorin lisäksi myös teknologiayrityksiin. Erityisesti digitaaliset palvelut mahdollistavat hyvin voimakkaan viennin kasvupotentiaalinalustatalouden kautta. Siksi hyvän kasvuympäristön luominen tämän tyyppiselle liiketoiminnalle on erityisen tärkeää.

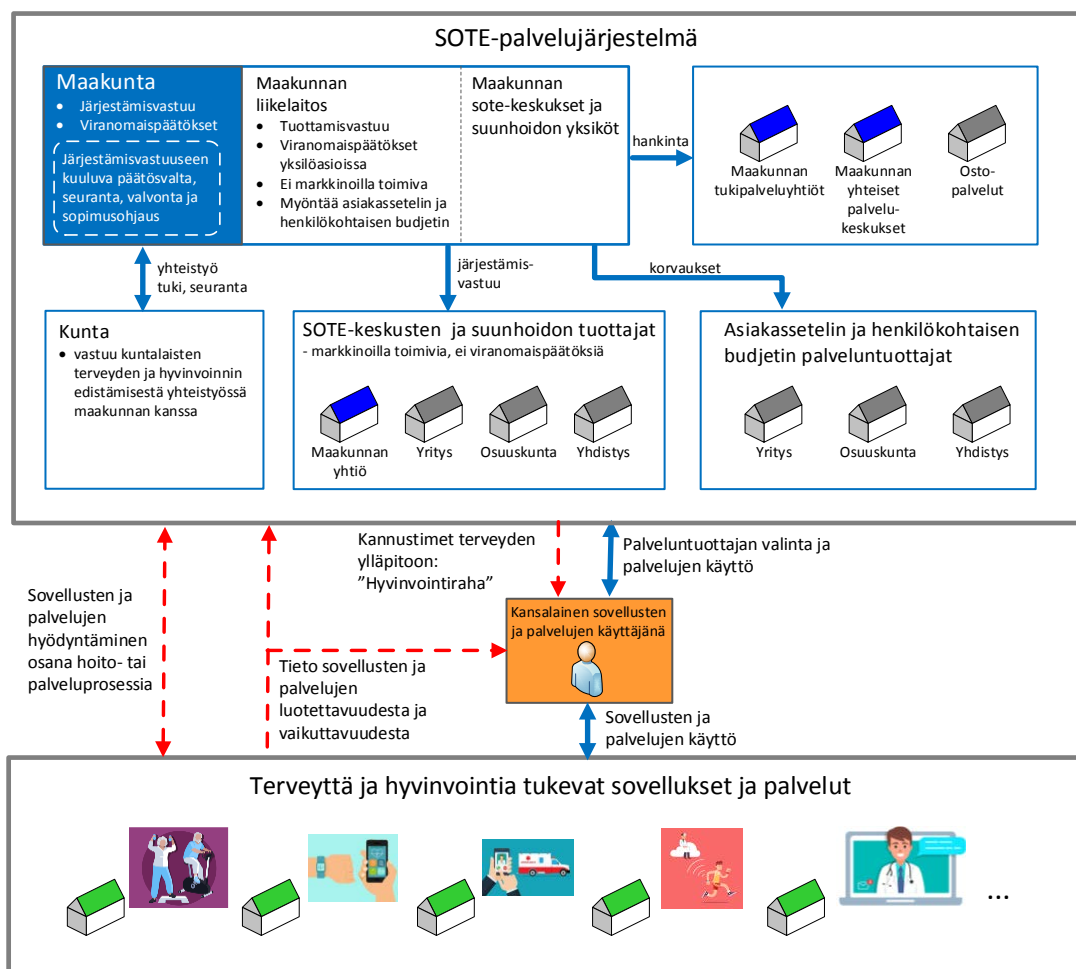
### 7.2 Lohkoketjujen hyödyntäminen hyvinvointia edistävän ekosysteemin toteutuksessa

#### Hyvinvointisovellusten ja -palvelujen liittäminen osaksi sote-palvelujärjestelmää

Luomalla kasvuympäristö jossa yritysten on hyvä kehittää terveyttä ja hyvinvointia tukevia sovelluksia ja palveluita, voidaan siis saavuttaa yhtä aikaa parempi hyvinvointi kansalaisille, merkittäviä säästöjä ja uutta kasvavaa liiketoimintaa ja vientiä. Keskeinen tekijä tämän hyödyn aikaansaamiseksi on se, miten teknologiaa hyödynnetään ekosysteemin yhteisessä arvonluonnissa kansalaisten hyväksi. Järjestelmän suorituskyky on riippuvainen siitä kuinka hyvin eri toimijat pystyvät toimimaan vuorovaikutuksessa hyvinvoinnin tuottamiseksi. Kansa-

laiset ovat palveluiden käyttäjinä järjestelmän keskiössä. Heidän kiinnostuksensa omaa hyvinvointiaan ja siihen liittyviä ratkaisuja kohtaan on kasvanut merkittävästi ja tätä käyttäytymisen muutostrendiä tulisi nyt hyödyntää.

Nykyisellään sote-järjestelmämme ei kuitenkaan pysty täysimittaisesti hyödyntämään uusia, teknologisia ratkaisuja sillä linkit uusien ratkaisujen ja sote-järjestelmän välillä puuttuvat. Hyvinvointi-innovaatiot eivät kytkeydy sosiaali- ja terveydenhuollon asiakasprosesseihin. Sote-uudistus on tähän saakka keskittynyt kuvan (Kuva 8) yläosassa näkyvään sote-palvelujärjestelmään. Hyvinvointia edistävissä ekosysteemeissä tulisi luoda linkit sen ja uusien innovatiivisten ratkaisujen välille ja siinä lohkokejuteknologialla voi olla merkittävä rooli. Lohkoketejuteknologian avulla on mahdollista ylläpitää luotettavaa tietoa ennakoivaan terveydenhoitoon ja hyvinvoinnin ylläpitoon tarkoitetuista sovelluksista ja palveluista, mikä mahdollistaisi näiden liittämisen kiinteäksi osaksi sote-palvelujärjestelmää.



Kuva 8. Hyvinvointiekosysteemi muodostuu sote-järjestelmästä ja siihen liittyvistä sovelluksista ja palveluista sekä näiden käyttäjistä<sup>42</sup>. Uusia lohkokejuteknologian mahdollistamia toimintoja on kuvattu punaisilla katkoviivoilla.

Yksilöt tuottavat jo nyt paljon terveyttään koskevaa tietoa, esimerkiksi kotona tehtyjä mitauksia ja omia terveyshavaintoja. Nämä tiedot tulisi yksilön suostumuksella tuoda sekä perinteisiin hoitoprosesseihin, että tekoälypohjaisiin, automaattisiin sote-palveluihin. Lohkoketejuilla voidaan mahdollistaa esimerkiksi sovellusten ja palveluiden luotettavuus-, käyttäjätyytyväisyys- sekä vaikuttavuustiedon kokoaminen ja jakaminen. Lohkoketeju ei pysty suoraan todistamaan tiedon oikeellisuutta, vaan ainoastaan sen, että tietty tieto on tietyllä ajanhetkellä ja tietyn toimijan tallentamana liitetty ketjuun.

<sup>42</sup> Kuvan yläosa modifioitu lähteen pohjalta: T. Pöysti, Sote- ja maakuntauudistus – valinnanvapausmalli, 12.5.2017, <http://alueuudistus.fi/diaesitykset>



## Uusien markkinoiden luominen

Alustatalouden uusia markkinoita synnyttävä voima perustuu merkittävässä määrin verkostovaikutuksiin ja muihin arvonluonnin takaisinkytkentöihin asiakkaiden ja palveluntarjoajien välisessä vuorovaikutuksessa. Kysyntä houkuttaa markkinalle tuottajia ja monenlaisia uusia innovaatioita. Tarjota taas luo lisää kysyntää. Olennaista on luoda markkinapaikka ja poistaa erilaisia hidasteita ja esteitä osapuolten välisestä toiminnasta. Hidasteita ja esteitä asiakkaiden ja palveluntarjoajien välisestä vuorovaikutuksesta voidaan poistaa monin tavoin. Tärkeä rooli on sillä, että voidaan kasvattaa luottamusta palveluntarjoajaan, dataan, mittalaitteisiin tai muihin vuorovaikutuksen osatekijöihin. Lohkoketjuteknologia mahdollistaa luottamuksen rakentamisen hajautettuihin verkostoihin ilman keskitettyä hallintaa.

Markkinan liikkeelle saattamiseen tarvitaan usein alkusysäys. Julkisen sektorin hankinnoilla voidaan tuottaa markkinan luomiseen riittävä kriittinen massa. Hyvinvointiraha modernina palvelusetelinä sisältää itsessään rahan muodossa insentiivin joka luo sysäyksen. Hyvinvointirahalla uudelle markkinalle pystytään antamaan vauhtia ja älysovimusten avulla sysäys voidaan suunnata halutun tyyppiseen toimintaan. Kun toimenpiteiden todellinen vaikutus nähdään, älysovimuksia voidaan tarvittaessa muuttaa ja näin säätää ohjausta.

Lohkoketjuteknologialla toteutettavalla hyvinvointirahalla on myös se etu perinteisiin palveluseteleihin verrattuna, että lohkoketjuteknologian ansiosta myös hyvin pienet transaktiot voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti. Sähköisten palveluiden tapauksessa lohkoketjujen avulla on myös mahdollista automatisoida koko sopimus- ja laskutusprosessi sekä niin hahmottaessa huomioida hinnoittelussa automaattisesti myös asiakastytyväisyys ja laatu. Kustannustehokkuus mahdollistaa merkittävästi nykyistä halvempien palveluiden, kuten hyvinvointiapplikaatioiden, tukemisen. Muun muassa applikaatioiden käyttäminen voi olla hyvin edullista. Transaktiokustannusten painuessa riittävän alas voidaan palvelujärjestelmässä älysovimusten ohjaamana esimerkiksi käydä automaattisesti kauppaa tekoälyalgoritmien suorittamista analyyseistä. Jos maksettavan palvelun arvo on vähäinen, voidaan asiakkaalle myös antaa laaja valinnanvapaus hyvinvointituotteen valinnassa. Tällöin palvelun hyväksyntä voi perustua lohkoketjuun kerättyyn arviointitietoon hitaamman ja kalliimman hyväksyntämenettelyn sijaan. Tämä helpottaa uusien yritysten ja innovaatioiden markkinoille pääsyä.

On tärkeä hahmottaa, että tarkoitus ei ole suunnitella staattista palvelujärjestelmää jonka väistämättömänä kohtalona on vanhentua. Olennaista hyvinvointia edistävässä ekosysteemissä on se, että kyse on elävästä ja jatkuvasti kehittyvästä innovaatioekosysteemistä. Näin mahdollistetaan järjestelmän uusiutuminen ja pitkällä tähtäimellä paremmat palvelut. Innovatioita voidaan pyrkiä houkuttelemaan riittävän avoimella markkinalla ja toisaalta tarjoamalla innovaatioille riittävää suojaa aivan niiden alkuvaiheessa.

Suomi ja suomalainen terveydenhuoltojärjestelmä ovat erottamattomasti osa kansainvälistä yhteisöä. Tarvitsemme kansainvälistä kehityspanosta ja vientiä. Siksi hyvinvoinnin ekosysteemistä on syytä rakentaa alun pitäen avoin kansainväliselle yhteistyölle. Se mahdollistaa ulkomaisten palveluntarjoajien innovaatioiden hyödyntämisen sote-palvelujärjestelmässämme ja toisaalta se mahdollistaa kotimaisten ratkaisujen viennin sekä kehittymisen ja voimistumisen globaaleilla markkinoilla. Alkuvaiheessa uudet palveluntarjoajat voivat kuitenkin olla kovin suojaamattomia avoimelta globaalilta kilpailulta. Siksi pitäisi tarkkaan miettiä miten lokaalin kasvuympäristön tukeminen ja globaali kilpailu yhdistetään ja millainen rooli esimerkiksi hyvinvointirahalla ja älysovimuksilla voi tässä olla. Hyvinvointiraha on lähtökohtaisesti globaali ratkaisu ja laajennettavissa maan rajat ylittävien palveluiden käyttöön.

## Vaikutusten todentaminen

Sen lisäksi että hyvinvointiraha ja älysovimukset toimivat ketterästi suunnattavina insentiveinä ekosysteemitoimijoille, ne mahdollistavat vaikutusten todentamisen jäljitettävyytensä ansiosta. Kun hyvinvointiraha on toteutettu lohkoketjuteknologialla niin jokaisesta transaktiosta jää digitaalinen jälki, jonka avulla vaikutukset voidaan arvioida. Lohkoketjun jäljitettävyys luo mielenkiintoisia mahdollisuuksia myös tilastointiin ja muuhun tallennetun tiedon hyödyntämiseen.

Vaikutusten todentamista voidaan hyödyntää sekä julkisten ohjaustoimenpiteiden suuntaamiseen, että palveluntuottajien oman tutkimus- ja kehitystoiminnan tehostamiseen. Vaikutusten todentamisessa on myös mahdollista siirtyä yksilöllisten vaikutusten arviointiin, mikä mahdollistaa entistä tehokkaamman ennakoivan hyvinvoinnin ja terveyden ylläpidon. Tarkeemman vaikutusten arvioinnin ansiosta sosiaali- ja terveydenhuollossa on mahdollista saavuttaa sekä alemmat kustannukset että parempi kokonaisvaikuttavuus. Vaikutusten arviointi myös kasvattaa sekä kansalaisten että globaalin kehittäjäyhteisön luottamusta toisaalta tarjottavia palveluita ja toisaalta niitä tarjoavia ekosysteemitoimijoita kohtaan. Tällä voi osaltaan olla vahvistava vaikutus sekä yksilöiden käyttäytymiseen, uuden liiketoiminnan kehittymiseen että suotuisan markkinadynamiikan muodostumiseen.

## Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Lohkoketjuteknologian hyödyt saadaan parhaiten valjastettua sosiaali- ja terveysjärjestelmän uudistamiseen, kun teknologiaa hyödynnetään hyvinvointia edistävän ekosysteemin luomiseen. Tämän toteuttamiseksi

1. Hyödynnetään lohkoketjuteknologiaa hyvinvointisovellusten ja -palveluiden liittämiseksi palvelujärjestelmään mahdollistamalla esimerkiksi sovellusten ja palveluiden luotettavuus-, käyttäjätyytyväisyys- sekä vaikuttavuustiedon kokoaminen ja jakaminen.
2. Otetaan käyttöön hyvinvointiraha ja älysovimukset, joiden avulla sekä yksilöitä että yrityksiä voidaan motivoida ja uuden markkinan muodostumista vauhdittaa ja suunnata ketterästi. Samalla helpottuu aiempaa edullisempien palveluiden ja erityisesti älypalveluiden tukeminen.
3. Hyödynnetään hyvinvointirahan ja älysovimusten jäljitettävyyttä palveluiden vaikuttavuuden arviointiin.

# 8. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

## 8.1 Yleiskuva

Tähän lukuun on kerätty johtopäätökset raportin aiemmista luvuista. Ne on numeroitu ja lisäksi luokiteltu aiheen (käytännössä lukujen 3-6 otsikot) mukaan viittausten helpottamiseksi. Raportin loppuun on esitetty muutama konkreettinen toimenpide-ehdotus johtopäätösten perusteella, jota on kuvattu luvussa 5 ja käsitelty erikseen luvussa 7.

## 8.2 Selvityksen pohjalta syntyneet johtopäätökset

### Johtopäätökset liikeyrityksen tietojen käsittelyyn ja turvaamiseen

1. Lohkoketjuteknologia ei tule korvaamaan perinteisiä tietokantoja raa'an datan tallettamisen välineenä. Tällaisen kehityksen tukemiseen ei ole syytä lähteä julkisin varoin mukaan.
2. Tietojen ja tietokantojen ylläpidossa lohkoketjuilla on huomattava potentiaali. Jo nykyisillä ratkaisuilla voidaan toteuttaa dokumenttien aikaleimaus ja muuttumattomuuden varmistaminen (esim. KSI-lohkoketju). Edistyneemmillä menetelmillä voidaan luoda kokonaan uudenlainen, luotettava ja hajautettu tietojen käsittelyn lokikirja. Tällaisen lokikirjan toiminnallisuuden määrittäminen vastaamaan sosiaali- ja terveysalan vaatimuksia on suositeltavaa.
3. Laajemmin lohkoketjuilla voidaan toteuttaa digitaalisen identiteetin järjestelmiä (Esim. Liite 6 Sovrin), joiden avulla voidaan hallinnoida osaltaan myös henkilöiden terveys- ja sosiaalipalveluihin liittyvää dataa. On suositeltavaa mahdollistaa digitaalisen identiteetin täysimääräinen hyödyntäminen myös sote-alalla.
4. Selvitetään toiminnallisuudet, joita halutaan sote-kentän lohkoketjuratkaisussa toteutettavan.
5. Tällä hetkellä helpoimmat ratkaisut sote-kentän vaatimuksiin löytyvät suljetuista ja luvanvaraisista lohkoketjutoteutuksista. Avoimiin lohkoketjuihin siirtyminen vaatii enemmän teknisiä (mm. tietojen salaamiseen) liittyvien ratkaisujen selvittämistä ja toteuttamista. Täysin avoimiin lohkoketjuihin siirtyminen vaatii lisäksi hyvin tarkkaa arviota nykyisistä ja tulevista säädöksistä (mm. GDPR).
6. Kartoitetaan, millaisia lohkoketjun kehittäjäyhteisöjä Suomessa ja ulkomailla on ja pyritään aktivoimaan suomalaisia toimijoita yhteistyöhön ulkomaisten toimijoiden kanssa.
7. Lohkoketjujen säätelyn kehittämiseen ja/tai standardointiin tulisi kiinnittää resursseja, jotta teknologiaa voitaisiin hyödyntää nykyistä paremmin myös valtionhallinnon, finanssialan toimijoiden sekä muiden yhteiskunnan toimintojen kannalta kriittisten tahojen toimesta.

## Johtopäätökset liittyen maksuliikenteeseen ja älysopimuksiin

- Hyvinvointirahaan ja älysopimuksiin liittyvä kansallinen pilotti tai yhteispilotti Viron ja/tai Ruotsin kanssa olisi hyödyllinen ja mahdollistaisi riittävän osaamisen karttumisen älysopimusten mahdollisuuksista. Pilotti mahdollistaisi myös yksityisen sektorin palveluekosysteemin kehittämisen hyvinvointirahan ympärille.
- Valtiovarainministeriön tulisi nykyistä tehokkaammin hyödyntää lohkoketjun ja älysopimusten käyttöä erilaisissa piloteissa arvonlisävero- ja muiden verotusprosessien sujuvoittamiseksi.

## Johtopäätökset liittyen sähköisiin sote-palveluihin

- Yleisesti lohkoketjuteknologialla nähdään mahdollinen rooli luottamuksen rakentajana silloin, kun keskittyä luotettua tahoja ei ole tai sellainen on korvattavissa hajautetulla toimijaverkostolla.
- Potentiaalisena sovellusalueena nousi selkeimmin esille hyvinvoinnin ylläpidossa ja omahoidossa hyödynnettävien sovellusten ja palvelujen verkoston luottamuksen rakentaminen. Lohkoketjuteknologiaa olisi mahdollista hyödyntää mm. verkostoon kuuluvien hyvinvointituotteiden (mm. IoT-laitteiden) laatutietojen varmentamiseen ja julkaisemiseen. Varmennetulle tiedolle on kasvava tarve pyrittäessä siirtämään painopiste kalliista hoidoista ennakoivaan hyvinvoinnin ylläpitoon.
- Toinen mahdollinen sovelluskohde on sähköisiin palveluihin liittyvät sopimukset ja maksut. Lohkoketjuteknologian avulla voidaan toteuttaa sekä palveluntarjoajien välisiä että palveluntarjoajan ja asiakkaan välisiä maksuja. Erityisesti sähköisiin palveluihin liittyvät maksut voivat olla hyvinkin pieniä, jolloin lohkoketjuilla toteutettu sopimus ja arvonsiirto voi olla esimerkiksi perinteistä palvelusetelijärjestelmää joustavampi ratkaisu.
- Lohkoketjuteknologia on nähtävä yhtenä mahdollisena toteutusvaihtoehtona sosiaali- ja terveydenhuollon toimialalla. Tarvitaan lisäselvityksiä ja käytännön kokeiluja teknologialla saavutettavien hyötyjen osoittamiseksi.

## Johtopäätökset liittyen kansainväliseen näkökulmaan

- Lohkoketju soveltuu huonosti terveystietojen ja muiden arkaluontoisten tietojen tallennukseen. Sen sijaan esim. ajoneuvon tai tonttien omistustiedot sekä omistuksen muutokset soveltuvat hyvin tallennettavaksi lohkoketjuun, kunhan mukaan ei oteta liikaa yksityiskohtia (esim. huolto- tai vastaavien yksityiskohtaisempien tietojen tallennus).
- Tulevaisuudessa yhtenä merkittävänä haasteena tulee olemaan tietojen suojaus ja tiedon eheyden varmistaminen.
- Lohkoketjuihin ei kannata tallentaa kaikkea mahdollista, vaan on tarkasti päätettävä ensin mitä, missä, miksi ja milloin tallennetaan.
- Riskianalyysi pitää tehdä kunnolla ennen päätöksiä.

## Johtopäätökset liittyen hyvinvointia edistävän ekosysteemin visioon

18. Hyödynnetään lohkoketjuteknologiaa hyvinvointisovellusten ja -palveluiden liittämiseksi palvelujärjestelmään mahdollistamalla esimerkiksi sovellusten ja palveluiden luotettavuus-, käyttäjätyytyväisyys- sekä vaikuttavuustiedon kokoaminen ja jakaminen.
19. Otetaan käyttöön hyvinvointiraha ja älysopimukset, joiden avulla sekä yksilöitä että yrityksiä voidaan motivoida ja uuden markkinan muodostumista vauhdittaa ja suunnata ketterästi. Samalla helpottuu aiempaa edullisempien palveluiden ja erityisesti älypalveluiden tukeminen.
20. Hyödynnetään hyvinvointirahan ja älysopimusten jäljitettävyyttä palveluiden vaikuttavuuden arviointiin.

## 8.3 Johtopäätösten pohjalta koottu toimenpide-ehdotus

### Hyvinvointiekosysteemin edistäminen pilotoinnin kautta

Ehdotamme lohkoketjuihin perustuvan hyvinvointiekosysteemin edistämistä konkreettisen kokeilun kautta. Kokeilu sisältäisi lohkoketjuteknologiaan perustuvan proof-of-concept -ratkaisun toteuttamisen sekä pilotoinnin valitussa kokeilumaakunnassa. Tavoitteena tulisi olla konsepti, joka on laajennettavissa kansainväliseen käyttöön. Kansainvälisen näkökulman vahvistamiseksi mukaan tulisi saada kansainvälinen kumppani esimerkiksi Virosta tai Ruotsista, joilla on jo aikaisempaa kokemusta lohkoketjuteknologiaan liittyvistä pilottikokeiluista.

Hanke sisältäisi seuraavat komponentit:

- Tässä raportissa kuvatun ekosysteemivision täsmentäminen ja kytkeminen sote-uudistuksen yhteydessä kaavailtuun ICT-arkkitehtuuriin
- Kokeilumaakunnan, pilottiyritysten ja muiden kumppanien valinta ja sitouttaminen
- Arkkitehtuurin toteutus hyödyntäen olemassa olevaa lohkoketju/älysopimus-alustaa (esim. Ethereum)
- Kokeilun toteutus
- Tulosten analyysi ja johtopäätökset

Kokeiluhankkeen tulosten pohjalta voidaan arvioida lohkoketjuteknologiaan pohjautuvan ekosysteemin hyötyjä ja tehdä päätöksiä sen laajemmasta hyödyntämisestä.

## LIITE 1: HAASTATELLUT ORGANISAATIOT

Seuraavassa listassa on lueteltu ne yritykset ja organisaatiot, joita on haastateltu tämän selvitystyön aikana.

Chainfrog Oy

Espoon kaupunki

Guardtime / Viro

Helmes AS / Viro

Helsingin ja Uudenmaan Sairaanhoidopiiri (HUS)

Helsingin kaupunki

Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM)

Mehiläinen Oy

Oulun kaupunki

Oulun yliopisto - Centre for Health and Technology

Oy Apotti Ab

Sosiaali- ja terveysministeriö (STM)

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra

Suomen Pankki

Streamr Oy

Taloushallintoliitto

Tervise ja Heaolu Infosüsteemide Keskus (TEHIK) / Viro

Terveystyön ja hyvinvoinnin laitos

Uudenmaan liitto

## LIITE 2: HAASTATTELUKYSYMYKSET (SOTE-TOIMIJA)

### Tausta

1. Haastateltavan toimenkuva ja tausta
2. Haastateltavan aikaisempi tuntemus lohkoketjuista  
Lohkoketjuteknologian ja soveltamisesimerkkien lyhyt esittely keskustelun avaamiseksi (tarpeen mukaan)

### Nykytila

3. Mitä ongelmia/mahdollisuuksia näette liittyen potilas- ja asiakastietojen hallintaan? Millaisia kehityshankkeita organisaatioissanne on käynnissä tai suunnitteilla tällä alueella?
4. Mitä ongelmia/mahdollisuuksia näette liittyen omien tietojen hallinnan ja käytön mahdollistamiseen potilaalle?
5. Mitä ongelmia/mahdollisuuksia näette liittyen potilas- ja asiakastietojen toissijaiseen hyödyntämiseen (käyttö esimerkiksi tutkimuksessa, tuotekehityksessä ja tiedolla johtamisessa)?
6. Mitä ongelmia/mahdollisuuksia näette liittyen toimijaverkoston hallintaan (mm. sopimukset toimijoiden välillä, maksuliikenne)?
7. Mitä ongelmia/mahdollisuuksia näette liittyen toimintatapojen harmonisointiin ja teknologian hyödyntämiseen toimialarajojen yli?

### Tulevaisuus

8. Millaisia kehityshankkeita organisaatioissanne on käynnissä tai suunnitteilla edellä mainittuihin ongelmiin/mahdollisuuksiin liittyen tai millaista kehittämistä itse näette tarpeelliseksi?
9. Mikä voisi olla lohkoketjuteknologian rooli edellä mainittujen ongelmien ratkaisemisessa?
10. Mitä esteitä näette lohkoketjuteknologian hyödyntämiselle SOTE-alalla tai laajemmin?

### Lisäkysymys:

11. Mitä vaihtoehtoisia tulevaisuusskenaarioita (ml. sidosryhmätoimijat) näette lohkoketjujen mahdollistavan?  
(esim. uhkakuvat: uudet, ketterämmät pienet toimijat valtaavat markkinat vanhoilta pankki- ja vakuutuslaitoksilta tms., vrt. esim. USA:n Medigap, Medicaid ja Medicare).

## LIITE 3: HAASTATTELUKYSYMYKSET (LOHKOKETJU- JA MUUT TOIMIJAT)

### Tausta

1. Haastateltavan toimenkuva ja tausta
2. Haastateltavan perehtyneisyys SOTE-kenttään
3. Kokemus lohkoketjuista ja niiden soveltamisesta, montako vuotta? Haastateltavan organisaation historia?

### Nykytila

4. Mitä ongelmia/mahdollisuuksia näette liittyen lohkoketjujen soveltamiseen?
5. Mitä tietoa kannattaa tallettaa lohkoketjuun?
6. Yksityisyydensuojaan liittyvät ratkaisut? Miten ne on käytännössä toteutettu teidän ratkaisuisissa? Miten GDPR on huomioitu?
7. Käytetäänkö organisaationne tarjoamissa ratkaisuisissa älysopimuksia? Mitkä ovat älysopimusten tarjoamat mahdollisuudet yleisesti / SOTE-puolella?
8. Ovatko kaupalliset lohkoketjujärjestelmät (muut kuin omat) tuttuja organisaatiolle? Jos ovat niin mitkä? Miksi?

Ovatko seuraavat lohkoketjujärjestelmät tuttuja?

- Bitcoin ja muut kryptovaluutat
- Ethereum
- IBM Bluemix
- Microsoft Azure
- HyperLedger
- Muu, mikä?

Arvostele kokemuksia edellä mainituista järjestelmistä/ratkaisuista asteikolla 1-5, missä 1 on erittäin huono, 3 ei kokemusta ja 5 erittäin hyvä

9. Oletteko törmänneet lohkoketjutoteutuksissa sääntelyyn tai muuhun byrokraatiaan?

### Tulevaisuus

10. Millaisia kehityshankkeita organisaatioissanne on käynnissä tai suunnitteilla edellä mainittuihin ongelmiin/mahdollisuuksiin (lohkoketjut, älysopimukset) liittyen? Millaista kehittämistä näette tarpeelliseksi?
11. Mikä voisi olla lohkoketjuteknologian rooli SOTE-ongelmien ratkaisemisessa? Entä muilla hallinnon alueilla? Mitä ongelmia tai esteitä näette tässä kehityksessä?
12. Millaisen roolin näette omalla organisaatiolla edellä mainitussa kehityksessä?
13. Millä aikataululla näkisitte älysopimusten korvaavan nykyisiä sopimuksia ja/tai maksuliikennettä? Mitä teknistä ja/tai tieteellistä kehitystä se vaatii?

Lisäkysymys:

14. Mitä vaihtoehtoisia tulevaisuusskenaarioita (ml. sidosryhmätoimijat) näette lohkoketjujen mahdollistavan?

(esim. uhkakuvat: uudet, ketterämmät pienet toimijat valtaavat markkinat vanhoilta pankki- ja vakuutuslaitoksilta tms., vrt. esim. USA:n Medigap, Medicaid ja Medicare).



## LIITE 4: HANKKEEN ULKOISEEN TYÖPAJAAN OSALLISTUNEET ORGANISAATIOT

Seuraavat yritykset ja organisaatiot osallistuivat hankkeen ulkoiseen työpajaan 12.9.2017.

Aalto-yliopisto

Finanssiala ry

Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri (HUS)

Medi-IT Oy

Oulun yliopisto

Oulun yliopisto

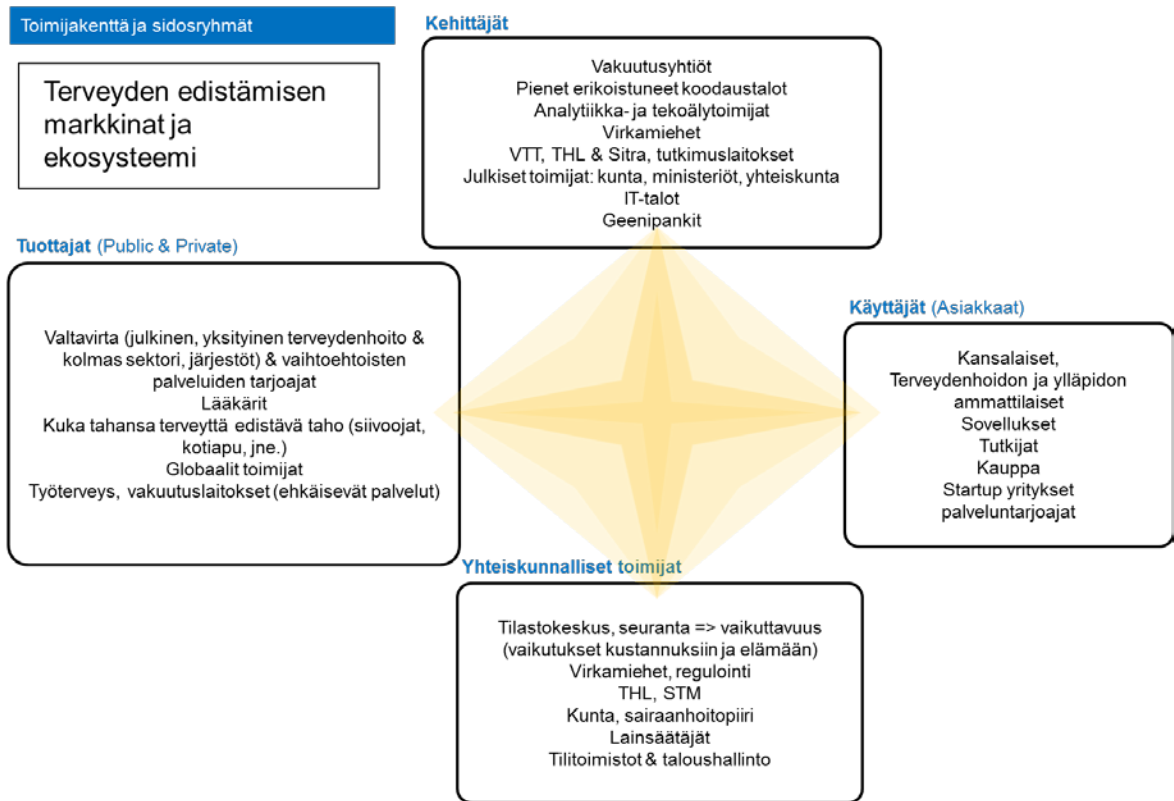
Pirkanmaan liitto

Työ- ja elinkeinoministeriö

Valtiovarainministeriö

VTT

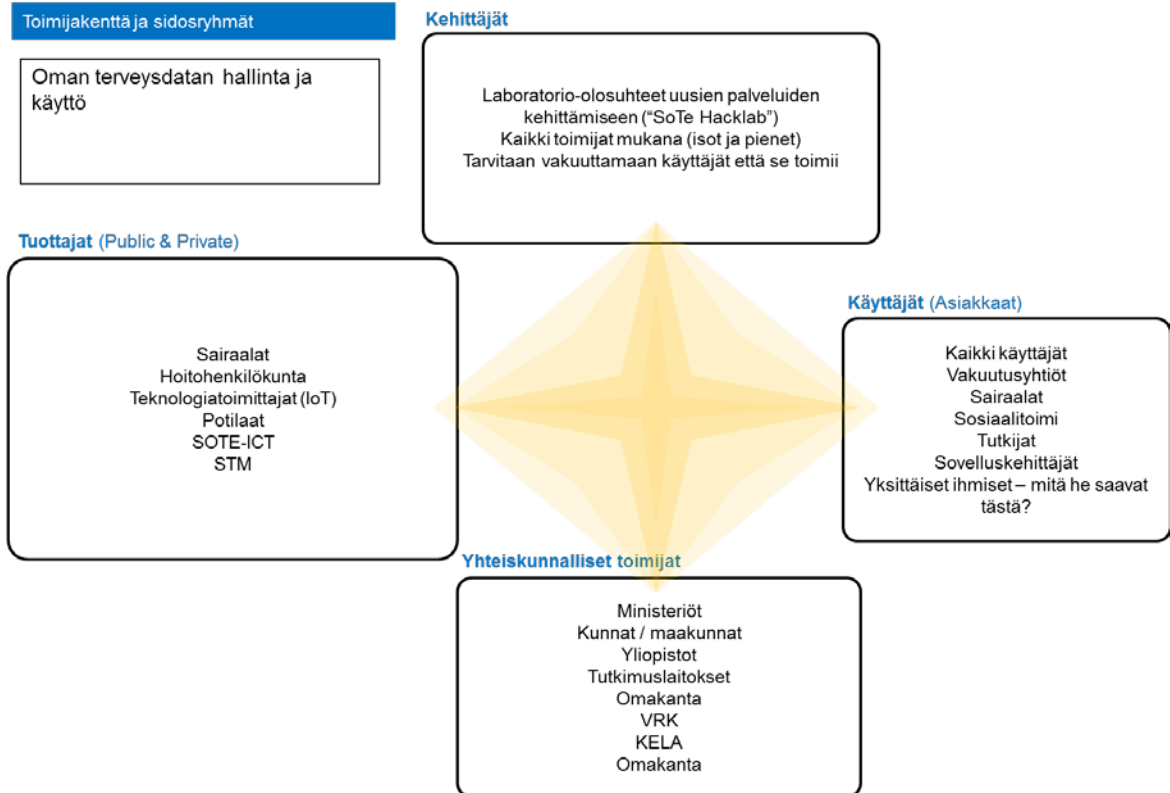
# LIITE 5: ULKOISEN TYÖPAJAN TULOKSET



Kuva 1. Ryhmän 1 toimesta syntyneet nelikenttä terveyden edistämisen markkinoista ja ekosysteemistä

Terveyden edistämisen ekosysteemin visiopolku			
	Nykytila	Lähitulevaisuus	Tulevaisuus
Trendit ja toimintaympäristö	Poliitikoille vaikuttavuuden osoitus (kannatetaan oikeita asioita) ->  Innovatiiviset julkiset hankinnat	Lait ja asetukset  Uudet maakuntavaltuustot  Maakunnalle/valtiolle/muulle toimijalle kokonaisvastuu kansalaisesta ja hänen terveyden ylläpidosta (ei osaoptimointia)	Mahdollistettu terveyden edistämisen/ylläpidon ekosysteemi sekä infralla että asetuksilla & tuetaan resurssein ja hankinnoilla
SoTe järjestelmä	Resurssit ovat vähissä eikä SoTe-toimijoilla ole hajuakaan teknologiasta	Kokeilut (quick prototyping) käytäntönä uusien asioiden lanseerauksessa  Asenteet korjattava (vaikutusten visualisointi ja sitouttaminen)	Terveyden kokonaisvaltaisuus – rautalangasta vääntäminen ja vaikutusten arviointi ja seuranta
Teknologia ja toimijat	Teknologia ei ole rajoite tällä hetkellä – asenteet ovat  Avoimet rajapinnat  Osajista on pulaa (tekniikka, koodarit)	MyData  Spesifiset datapohjaiset palvelut (analytiikka + datamining)	Hajautetun datan hallinta, tietoturva,  Toimiva liiketoimintaekosysteemi

Kuva 2. Ryhmän 1 toimesta syntyneet terveyden edistämisen ekosysteemin visiopolku



Kuva 3. Ryhmän 2 toimesta syntynyt nelikenttä oman terveyden hallinnasta ja käytöstä

Oman terveysdatan hallinta ja käyttö			
	Nykytila	Lähitulevaisuus	Tulevaisuus
Trendit ja toimintaympäristö	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visio teknologian kehittämisestä ja päätökset kohti tulevaisuutta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Osaaminen on koottava yhteen</li> <li>Haaste: Miten EU suhtautuu terveysdatan hallintaa ja käyttöön?</li> </ul>	
SoTe järjestelmä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nykyiset ratkaisut tulisi suunnitella niin, että korvattavuus lohkoketjuilla tai muulla teknologialla on mahdollista, esim. palveluseteli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SoTe ICT – toimijana keskusrooliin testi ympäristön vetäjänä</li> <li>Kela ja VRK mukana testi ympäristössä</li> </ul>	
Teknologia ja toimijat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uusien teknologioiden (kuten lohkoketjut) käyttöönotto mahdollistettava</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SoTe ICT – toimijana keskusrooliin</li> <li>Haaste: Osaamista / tekijöitä ei ole tarpeeksi</li> <li>Haaste: omien terveystietojen tallentamisessa on kaksi polkua (omat wellbeing laitteet, ja viralliset omat tiedot) – miten nämä yhdistetään?</li> </ul>	

Kuva 4. Ryhmän 2 toimesta syntynyt oman terveysdatan hallinnan ja käytön visiopolku

## LIITE 6: MUITA LOHKOKETJUTOIMIJOITA

Taulukko: Muita lohkoketjutoimijoita ja näiden ratkaisujen ominaisuuksia

Toimija	Toimiala	Avoimuus	Julkisuus	Lohkoketju	Verkkosivu	Kuvaus
Applied-Blockchain	Lohkoketjuteutuksia	Molemmat	Molemmat	Useita	<a href="https://applied-blockchain.com">https://applied-blockchain.com</a>	Lohkoketjuneutraali alusta erilaisille sovelluksille
AssureNet	Vakuutus	Luvanvarainen	Julkinen	Guardtime KSI	<a href="http://assurenet.us">http://assurenet.us</a>	Vakuutus-käsittelyn automatisointia lohkoketjujen avulla
Augur	Ennakointi	Avoin	Julkinen	Ethereum	<a href="https://augur.net">https://augur.net</a>	Tulevaisuuden tapahtumien tarkka ennustaminen markkinoiden avulla
Belltane	Lohkoketjuteutukset ja -konsultointi	Luvanvarainen	Yksityinen	Hyperledger	<a href="https://www.belltane.com">https://www.belltane.com</a>	Sovelluksia terveysalalle ja muualle
Chainfrog	Lohkoketjuteutukset ja -konsultointi	Riippuu sovelluksesta	Riippuu sovelluksesta	Multichain ja muita	<a href="http://www.chainfrog.com">http://www.chainfrog.com</a>	Suomalainen lohkoketju startup. Yhteistyötä mm. Teoston kanssa
Crystalchain	GDPR ja lohkoketjut	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa	<a href="https://www.crystalchain.io">https://www.crystalchain.io</a>	Ranskalainen startup
Enigma	Laskenta ja datan hallinta	Avoin	Julkinen	Oma	<a href="https://www.media.mit.edu/projects/enigma/overview/">https://www.media.mit.edu/projects/enigma/overview/</a>	MIT:n lohkoketjukokeilu. Ei aktiivinen tällä hetkellä.
ENT Technologies	Identiteetin hallinta, luottamusverkosto	Luvanvarainen	Julkinen	Ei tietoa	<a href="http://www.ent.net">http://www.ent.net</a>	
Everledger	Logistiikka	Luvanvarainen	Julkinen ja yksityinen	Hyperledger	<a href="https://www.everledger.io">https://www.everledger.io</a>	mm. timanttien aitouden varmistaminen
Guardtime	Tietoturva / lohkoketjut	Luvanvarainen	Julkinen	Oma (KSI)	<a href="https://guardtime.com">https://guardtime.com</a>	Useita sovelluksia mm. terveystiedot ja e-hallinto
Hyperledger	Lohkoketjupalustapalvelu	Molempia	Molempia	Omat eri variantit	<a href="https://www.hyperledger.org">https://www.hyperledger.org</a>	Burrow-variantti tarjoaa yhteensopi-

						vuotta Ethereumin kanssa
<b>IBM</b>	Tietotekniikka	Molempia	Molempia	Bluemix lohkoketjupalvelu	<a href="https://www.ibm.com/blockchain/">https://www.ibm.com/blockchain/</a>	
<b>Lisk</b>	Lohkoketjunalusta	Avoin	Julkinen	Oma (Lisk)	<a href="https://lisk.io">https://lisk.io</a>	Lohkoketjusovellusten AppStore
<b>Microsoft Azure BaaS</b>	Lohkoketjupalveluna	Molempia	Molempia	Useita (R3, Ethereum yms.)	<a href="https://azure.microsoft.com/en-us/solutions/blockchain/">https://azure.microsoft.com/en-us/solutions/blockchain/</a>	
<b>PeerNova</b>	Tietoturva, datan hallinta	Luvanvarainen	Yksityinen	Oma (Cuneiform)	<a href="http://peernova.com">http://peernova.com</a>	
<b>R3 Corda</b>	Finanssiala	Luvanvarainen	Yksityinen	Oma	<a href="https://www.corda.net">https://www.corda.net</a>	
<b>Ripple Labs</b>	Maksuvälitys	Luvanvarainen	Julkinen	Oma (XRP)	<a href="https://ripple.com">https://ripple.com</a>	Nopea maksuvälitysjärjestelmä
<b>Ruotsin maarekisteri</b>	Valtion palvelut	Luvanvarainen	Yksityinen	Oma (Chromawayn Postchain)	<a href="https://www.chromaway.com/landregistry/">https://www.chromaway.com/landregistry/</a>	Prototyypin vaiheessa oleva sovellus
<b>Slock.it</b>	Lohkoketju / IoT	Avoin	Julkinen	Ethereum	<a href="https://slock.it/index.html">https://slock.it/index.html</a>	
<b>Sovrin</b>	Identiteetin hallinta	Luvanvarainen	Julkinen	Hyperledger	<a href="https://sovrin.org">https://sovrin.org</a>	
<b>Streamr</b>	Dataratkaisut / älysovimukset	Avoin	Julkinen	Ethereum	<a href="https://www.streamr.com">https://www.streamr.com</a>	Yhdistää dataa ja älysovimuksia toimiviksi applikaatioiksi
<b>Teosto</b>	Musiikki	Ei tietoa	Ei tietoa	Multichain	<a href="http://www.chainfrog.com/teosto-chainfrog-implementation-blockchain-pilot/">http://www.chainfrog.com/teosto-chainfrog-implementation-blockchain-pilot/</a>	Chainfrogin toteuttama prototyyppi elävän musiikin rojaltilmoitusten hallinnasta
<b>Tierion</b>	Datan varmennus	Avoin	Julkinen	Bitcoin	<a href="https://tierion.com">https://tierion.com</a>	Käyttää <a href="https://chainpoint.org">https://chainpoint.org</a> standardia

# LIITE 7: LISÄMATERIAALIA ÄLYSOPIMUSALUS-TOISTA

## Lisämateriaali

Alla olevassa taulukossa on esitetty tämän hetken yleisimmät älysohimusalustat, niiden ominaisuuksia (mm. lukuoikeudet, lähdekoodin avoimuus ja mahdollisesti käytettävä kryptovaluutta) sekä alustojen kotisivut, josta voi hakea lisätietoja aiheesta.

**Taulukko 1. Älysohimusalustat**

Alusta	Lukuoikeudet	Lähdekoodi	Valuutta	Kotisivut
Ethereum	Avoin	Avoin	Ether	<a href="https://www.ethereum.org">https://www.ethereum.org</a>
Hyperledger	Voi valita	Avoin	Ei ole	<a href="https://www.hyperledger.org/">https://www.hyperledger.org/</a>
Rootstock (RSK)	Suljettu	Avoin	Rootcoin	<a href="http://www.rsk.co">http://www.rsk.co</a>
Codius	Suljettu	Avoin	Ei ole	<a href="https://www.codius.org">https://www.codius.org</a>
Monax Eris	Suljettu	Salainen	Ei ole	<a href="https://monax.io">https://monax.io</a>
Waves Platform	Suljettu	Salainen	Poletit	<a href="https://wavesplatform.com">https://wavesplatform.com</a>
Enigma	Suljettu	Avoin	Ether	<a href="http://www.enigma.co">http://www.enigma.co</a>
MaidSAFE	Suljettu	Avoin	Safecoin	<a href="https://maidsafe.net/">https://maidsafe.net/</a>
Lisk	Voi valita	Avoin	LSK	<a href="https://lisk.io/">https://lisk.io/</a>

Chainfrogilta saatu, osittain LVM:n raporttiin perustuva asiantuntijan lausunto lisäselvennyksenä kryptovaluutoista niille, jotka eivät tunne niiden toimintaa ennestään, (osittainen lähde: LVM 2017).

### Asiantuntijan näkemys kryptovaluutoista - Dr Keir Finlow-Bates, Chainfrog Oy.

*Lohkoketjujen ja kryptovaluuttojen pitäisi herättää merkittävää mielenkiintoa valtiovarainministeriöissä. Valtiokonttorit toimivat tarkoin määriteltyjen sääntöjen puitteissa, ja erityisesti verotuksessa noudatetaan tarkasti lakeja ja säädöksiä. Tällaiset säännöt voitaisiin koontaa ja automatisoida älykkäiden sopimusten avulla.*

*Kryptovaluutan ei tarvitse olla bitcoinin tapainen julkinen järjestelmä. Kryptovaluutan lohkoketjua voidaan hallita ja ylläpitää yksityisesti, vaikka transaktioiden lukeminen ja lähettäminen olisikin avoimesti tai rajatusti julkista. Yksityisen lohkoketjun rajattujen solmujen (permissioned) ja julkisten liiketoimien yhdistelmä vaikuttaisi lupaavimmalta vaihtoehdolta viranomaisvetoiselle kryptovaluuttajärjestelmälle. Tällöin yksityiset tuntemattomat tahot eivät valvoisi järjestelmää (esimerkiksi Suomen valtio ei varmasti halua, että ulkomaiset "louhijat" ylläpitäisivät veropalvelua), mutta järjestelmä kykenisi toimimaan avoimesti, esimerkiksi vahvistettujen henkilö- tai y-tunnuksien perusteella.*

*Viranomaisvetoinen kryptovaluuttajärjestelmä olisi mahdollista rakentaa luotettavasta bitcoin- tai ethereum- lähdekoodista. Tällainen järjestelmä antaisi taloudesta vastaavalle taholle kyvyn painaa kryptovaluuttaa tai vähentää sen tarjontaa, mahdollistaen siten perinteisen makrotaloudellisen sääntelyn. Valuutta olisi myös viranomaisvalvonnassa tuntemattomien "louhijalohkojen" sijaan. Lisäksi kryptovaluutta on myös tuhottavissa.*

*Kryptovaluutalla on kaikki perinteisen rahan ominaispiirteet: valuuttayksiköt ovat kirjanpitoyksiköitä, jotka ovat yhtä kestäviä kuin kryptovaluuttajärjestelmäkin. Ne ovat jaettavissa haluttuun desimaalien tasoon asti ja korvattavissa. Nykyisellä internet ja mobiililaitteiden aikakaudella ne ovat myös erittäin "kannettavia". Toisin kuin tavalliset setelit, ne näyttävät olevan myös väärentämättömiä. Lohkoketjuteknologia, jolla kryptovaluutat toimivat, tarjoaa lisäetuja seurannalle ja auditoituavuudelle: koko tapahtumaketju valuutan luomisesta, sen siirtämisellä myyjältä asiakkaalle ja lopulta mahdollisesti sen tuhoamisesta voidaan lukea suoraan lohkoketjusta.*

Älykkäiden sopimusten infrastruktuurin avulla liiketoimien verotus (esimerkiksi arvonlisävero) voitaisiin suorittaa myyntihetkellä. Tällaiset älykkäät sopimukset voitaisiin määrittää siten, että myyjä asettaa oikean alv-luokan ja tapahtuman aikana lasketaan oikea prosenttiosuus maksusta, vähennetään myyjän saamisesta ja reititetään automaattisesti ja välittömästi verotoimiston kryptovaluutta -osoitteeseen. Tämä on verrattavissa bitcoinilla tällä hetkellä veloitettavaan "transaktiomaksuun", jossa bitcoin "louhijat" ottavat pienen osan liiketoimen arvosta lisätessään transaktiotiedon bitcoin-lohkoketjuun.

Vielä kunnianhimoisempi suunnitelma olisi laajentaa edellä mainittu tuloverotukseen, jolloin kaikki tuloverot sekä eläkevakuutus- ja sosiaaliturvamaksut laskettaisiin ja siirrettäisiin automaattisesti asianosaisille. Tällainen monesta lähteestä monelle kohteelle reititys olisi myös mahdollista toteuttaa automatisoidusti kryptovaluuttajärjestelmässä. Kansantalouden hallinnan automatisointi on kiehtova mahdollisuus, mutta on syytä korostaa, että käsitteet ja järjestelmät ovat vielä alkuvaiheessa ja edellyttävät pitkäjänteistä tutkimusta, kokeilua ja perusteellista testausta, ennen kuin toimintakelpoinen järjestelmä voitaisiin ottaa käyttöön.

Viitteistä löytyy lisätietoa kryptovaluutasta arvonlisäveron maksamisessa (Ainsworth 2016) sekä älykkäiden sopimusten, kryptovaluutan ja verotuksen laillisuuden tarkastelusta yhdysvaltalaisesta näkökulmasta (Gayton 2016).

# LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA

- Aamulehti (2017). Aamulehti selvitti: Taysissa on tallennettu tietoja laittomiin potilasrekistereihin vuosien ajan. Aamulehti 7.8.2017.  
<https://www.aamulehti.fi/kotimaa/aamulehti-selvitti-taysissa-on-tallennettu-tietoja-laittomiin-potilasrekistereihin-vuosien-ajan-200134223>
- Ainsworth, R., Alwohaibi, M., Cheetham, M. (2016). VATCoin: The GCC's Cryptotaxcurrency. University of Pennsylvania, 31.8.2016.  
<https://www.law.upenn.edu/live/files/5955-gcc-vatcoin.pdf>
- Aitken, M (2015). Patient Adoption of mHealth - Use, Evidence and Remaining Barriers to Mainstream Acceptance. IMS Institute for Healthcare Informatics. Sept 2015.  
<https://www.iqvia.com>
- Bresnick, J. (2017). Blockchain Will "Change the Physics" of Health Data Sharing. HealthIT Analytics news article, 27.2.2017.  
<https://healthitanalytics.com/news/blockchain-will-change-the-physics-of-health-data-sharing>
- Bresnick, J. (2017-2). Hyperledger Brings Healthcare Blockchain Closer with Fabric 1.0. HealthIT Analytics news article, 11.7.2017.  
<https://healthitanalytics.com/news/hyperledger-brings-healthcare-blockchain-closer-with-fabric-1.0>
- Cachin, C. (2016). Architecture of the Hyperledger Blockchain Fabric. IBM Research, Zurich, July 2016.  
[https://www.zurich.ibm.com/dccl/papers/cachin\\_dccl.pdf](https://www.zurich.ibm.com/dccl/papers/cachin_dccl.pdf)
- Chapron, G. (2017). The environment needs cryptogovernance. Nature - International weekly journal of science, 22.5.2017.  
<https://www.nature.com/news/the-environment-needs-cryptogovernance-1.22023>
- Dentacoin (2017). Dentacoin: an Ethereum-based Token for the Global Dental Industry. Whitepaper, v. 1.8.  
<https://dentacoin.com/white-paper/Whitepaper-en.pdf>
- Durden, T., Slavo, M. (2017). Will China Use Blockchain to Collect Taxes? ZeroHedge, 6.8.2017.  
<http://www.zerohedge.com/news/2017-08-06/will-china-use-blockchain-collect-taxes>
- EU (2016). Tiivistelmä Euroopan tietosuojavaltuutetun lausunnosta, joka koskee henkilötietojen hallintajärjestelmiä, 2016/C 463/10.
- Frost&Sullivan (2017). Internet of Medical Things Shakes Up the Development of Medical Devices with Analytics and Cloud, Frost&Sullivan  
<https://ww2.frost.com/news/press-releases/internet-medical-things-shakes-development-medical-devices-analytics-and-cloud/>
- Gayton, C. (2016). Smart Contracts, Cryptocurrency and Taxes. Medium news article, 26.7.2016  
<https://medium.com/@squizzi3/smart-contracts-cryptocurrency-and-taxes-6050f1f5308e>
- Guardtime (2017). Example of root of Merkle tree published in a newspaper. Wikipedia  
[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Root\\_of\\_Merkle\\_tree\\_as\\_published\\_in\\_Widely\\_Witnessed\\_Media.png](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Root_of_Merkle_tree_as_published_in_Widely_Witnessed_Media.png)
- Huovila, M. et. al. (2015). Sosiaali- ja terveydenhuollon valtakunnallinen kokonaisarkkitehtuuri - Periaatteet ja yhteiset linjaukset, THL, 12/2015.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-531-8>



Hyperledger (2016). Overview of Hyperledger. Introduction to the Linux Foundation's Hyperledger Project. Hyperledger project, June 2016.

[http://www.redwoodmednet.org/projects/events/20160718/docs/rwmn\\_20160718\\_behlen-dorf.pdf](http://www.redwoodmednet.org/projects/events/20160718/docs/rwmn_20160718_behlen-dorf.pdf)

Kampmeijer R. et al. (2016). The use of e-health and m-health tools in health promotion and primary prevention among older adults: a systematic literature review. BMC Health Serv. Res., 2016; 16 (Suppl 5): 290.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5016733/>

Kardakis et al. (2014). Lifestyle interventions in primary health care: professional and organizational challenges, Eur J Public Health. 2014 Feb;24(1):79-84.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23722861>

Korjus, K. (2017). Estonia could offer 'estcoins' to e-residents. Estonian E-Residency Blog, 21.8.2017.

<https://medium.com/e-residency-blog/estonia-could-offer-estcoins-to-e-residents-a3a5a5d3c894>

Krawiec R. J. et al. (2017). Blockchain: Opportunities for health care. Deloitte, August 2016.

<https://www2.deloitte.com/us/en/pages/public-sector/articles/blockchain-opportunities-for-health-care.html>

Kuntaliitto (2016). UNA-hanke. Sosiaali- ja terveydenhuollon tietojärjestelmäkokonaisuuden vaatimusmäärittely - Loppuraportti. Kuntaliitto, 17.6.2016.

<https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/UNA.pdf>

Kuntaliitto (2016-2). Palveluseteli- ja ostopalvelutietojärjestelmien hyödynnettävyys erikoissairaanhoidossa ja sote-kuntayhtymissä - Loppuraportti. Kuntaliitto, 26.8.2016.

[https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Akusti\\_palveluseteli\\_ja\\_ostopalvelujarjestelmaselvititys\\_raportti\\_26082016\\_Julk.pdf](https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Akusti_palveluseteli_ja_ostopalvelujarjestelmaselvititys_raportti_26082016_Julk.pdf)

Lantmäteriet et al. (2016). The Land Registry in the blockchain - A development project with Lantmäteriet (The Swedish Mapping, cadastre and land registration authority), Telia Company, ChromaWay and Kairos Future. July 2016.

[http://ica-it.org/pdf/Blockchain\\_Landregistry\\_Report.pdf](http://ica-it.org/pdf/Blockchain_Landregistry_Report.pdf)

Lauslahti et al. (2017). Smart Contracts – How will Blockchain Technology Affect Contractual Practices? ETLA Raportit - Reports 68. 09.01.2017

<https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Raportit-Reports-68.pdf>

Lewis, A (2016). A gentle introduction to smart contracts. Bits on blocks - Thoughts on blockchain technology.

<https://bitsonblocks.net/2016/02/01/a-gentle-introduction-to-smart-contracts/>

O'Leary, R.R. (2017). Mario Draghi: European Central Bank Has 'No Power' to Regulate Bitcoin. CoinDesk, 26.9.2017.

<https://www.coindesk.com/mario-draghi-european-central-bank-has-no-power-to-regulate-bitcoin/>

Pöysti, T (2017). Digitalisaatio sote-uudistuksessa - Sote-uudistuksen ABC 19.4.2017 (kalvoesitys)

<http://alueuudistus.fi/documents/1477425/2922536/Sote-uudistuksen+ABC+toimittajille+STM%2C+P%C3%B6ysti+ja+Korhonen+19.4.2017.pdf>

Rikken, O. (2017). Blockchain Real Time Tax. LinkedIn, 22.8.2017.

<https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-real-time-tax-olivier-rikken>

Riksbank (2017). The Riksbank's e-krona project. Sveriges Riksbank Report 1, September 2017.

[http://www.riksbank.se/Documents/Rapporter/E-krona/2017/rapport\\_ekrona\\_170920\\_eng.pdf](http://www.riksbank.se/Documents/Rapporter/E-krona/2017/rapport_ekrona_170920_eng.pdf)

STM 2017. Sosiaali- ja terveystietojen tietoturvallisen hyödyntämisen kokonaisarkkitehtuuri, Sosiaali- ja terveysministeriö, Luonnos 28.6.2017

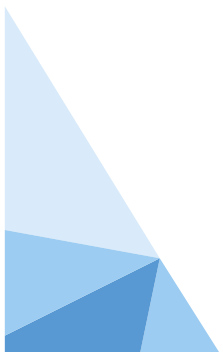
VAHTI (2008). VAHTI 8/2008 Valtionhallinnon tietoturvasanasto. Valtiovarainministeriö.

[https://www.vahtiohje.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=7e2220f1-cc93-4ba6-8c70-a67869c526cc&groupId=10229](https://www.vahtiohje.fi/c/document_library/get_file?uuid=7e2220f1-cc93-4ba6-8c70-a67869c526cc&groupId=10229)

VAHTI (2016). VAHTI-raportti 1/2016 luku 3 - Keskeiset termit. Valtiovarainministeriö.  
<https://www.vahtiohje.fi/web/guest/keskeiset-termit>

Ward, T. (2017). China Becomes First Country in the World to Test a National Cryptocurrency. *Futurism*, 23.6.2017.  
<https://futurism.com/china-becomes-first-countrchina-becomes-first-country-in-the-world-to-test-a-national-cryptocurrency-to-test-national-cryptocurrency/>

Wüst, K., & Gervais, A. (2017). Do you need a Blockchain? *IACR Cryptology ePrint Archive*, 2017, 375.



VALTIONEUVOSTON  
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

[tietokayttoon.fi](http://tietokayttoon.fi)

ISSN 2342-6799 (pdf)  
ISBN 978-952-287-490-0 (pdf)

