

YHTEISKUNNAN DIGIMURROS

Pekka Neittaanmäki ■ Martti Lehto ■ Matti Savonen

YHTEISKUNNAN DIGIMURROS

YHTEISKUNNAN DIGIMURROS

Pekka Neittaanmäki, Martti Lehto, Matti Savonen



Copyright © Jyväskylän yliopiston IT-tiedekunta
Kannen kuva: Shutterstock

ISBN 978-951-39-8646-9 (nid.)
ISBN 978-951-39-8647-6 (verkköj.)

Kustantaja: Jyväskylän yliopiston IT-tiedekunta
Painopaikka: Yliopistopaino, Jyväskylä (2021)

Sisällys

1	TIIVISTELMÄ	9
2	JOHDANTO	11
2.1	Digitalisaation kehityskaari	11
2.2	Kansallinen näkökulma digitalisaatioon	15
2.2.1	Suomi digitalisaation kärjessä	15
2.2.2	Hallitusohjelmat edistämään digitalisaatiota	17
2.3	Eurooppalainen näkökulma digitalisaatioon	20
2.3.1	Tilanne Euroopan unionissa	20
2.3.2	EU:n digitaalistrategian keskeiset politiikan alat	21
2.3.3	EU:n digitaalinen kompassi	23
2.4	Digitalisaatio muuttaa yhteiskuntaa	24
2.5	Digitalisaatio muuttaa liiketoimintakäytäntöjä	26
2.6	Digitalisaatio muuttaa avoimen datan käytäntöjä	30
2.7	Digitalisaatio muuttaa työmarkkinoita ja työn luonnetta	32
2.7.1	Työmarkkinamuutos	32
2.7.2	Työn luonteen muutos	34
2.8	Digitalisaatio kiihdyttää datataloutta	35
2.9	Internet on digitalisaation perusinfrastruktuuri	36
3	DIGITALISAATION JA TEKNOLOGIAN KEHITYSTRENDEJÄ	43
3.1	Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisut	43
3.2	Sitran Megatrendit 2020	45
3.3	Gartner Top Strategic Technology Trends for 2021	47
3.4	Global Mega Trends 2030	50
3.5	Forbes Digital Transformation Trends for 2021	51
3.6	Megatrendien vaikutus yrityksiin, markkinoihin ja palveluihin	52
3.7	Megatrendien huomioon ottaminen	53
4	KYMMENEN ESIMERKKIÄ DIGITALISAATIOSTA	57
4.1	Digitaalinen koti	57
4.2	Digitaalinen liikenne	58
4.3	Digitaaliset palvelut	60
4.4	Digitaalinen koulutus	62
4.5	Digitaalinen terveydenhoito	63
4.6	Digitaalinen verotus	65
4.7	Digitaaliset teollisuusrobotit ja palvelurobotit	66
4.8	Digitaalinen tiedon haku	67
4.9	Digiviestintä ja mobiililaitteet	68
4.10	Digitaalinen sään ennustaminen	70
5	DIGITALISAATION KESKEISET OSA-ALUEET	75
5.1	Massadata ja tietoaaltat	77
5.1.1	Big Data	77
5.1.2	Big Data analyysi	77

5.1.3	Tietoaltaat	80
5.1.4	Tarvitaan suurteholaskentaa	82
5.1.5	Tarvitaan kvanttilaskentaa	83
5.1.6	Tarvitaan tehokasta tiedonsiirtoa	84
5.2	Tekoälysovellukset ja tekoälypohjaiset datankäsittelytekniikat	87
5.2.1	Tekoälyn määrittelyä	87
5.2.2	Kansallinen tekoälykehitys	92
5.2.3	Kognitiivinen tietojenkäsittely	93
5.2.4	Tekoäly terveydenhuollossa	97
5.2.5	Tekoäly opetuksessa	98
5.3	Esineiden Internet (IoT) ja sensorinen data	103
5.3.1	Esineiden internet, IoT	103
5.3.2	Käyttötymisen internet, IoB	104
5.4	Lohkoketjut ja älysopimukset	107
5.4.1	Johdanto	107
5.4.2	Mikä on lohkoketju?	107
5.4.3	Mikä on älysopimus?	112
5.5	Robotti, robotiikka ja robotisaatio	117
5.5.1	Johdanto	117
5.5.2	Mikä on robotti?	119
5.5.3	Robotiikan tulevaisuudennäkymiä	121
5.6	Digitaalisen toimintaympäristön kyberturvallisuus	127
5.6.1	Johdanto	127
5.6.2	Kybermaailman rakenne	129
5.6.3	Digitaalinen kybermaailma houkuttelee rikollisia	131
5.6.4	Kyberuhat kasvavat ja monimutkaistuvat	133
5.6.5	Haavoittuvuudet altistavat kyberhyökkäyksille	135
5.6.6	Haittaohjelmia ja huijauksia	139
5.6.7	Kyberturvallisuutta rakentamassa	142
5.7	Digitaaliset palvelualustat	151
5.7.1	Siirtyminen kohti palveluyhteiskuntaa	151
5.7.2	Suuret yritykset palvelullistavat teollisuuden	152
5.8	Laskennallinen ajattelu simuloinnissa ja mallinnuksessa, digitaalinen kaksonen	157
5.8.1	Laskennalliset tieteet	157
5.8.2	Laskennallinen ajattelu	158
5.8.3	Mallinnus ja simulointi	160
5.8.4	Digitaalinen kaksonen	161
5.9	Digitalisaatioon liittyvät tietoliikennetekniikat	163
5.9.1	Kuituverkot	163
5.9.2	5G-verkot	163
5.9.3	6G-verkot	165
5.9.4	Satelliittiteknologia	166
5.10	Kehityksen huomioon ottaminen	169
6	DIGITAALINEN TEKOÄLYTUETTU SOSIAALI- JA TERVEYDENHUOLTO	173
6.1	Digitalisaatio terveyden edistämisessä	173

6.1.1	Johdanto.....	173
6.1.2	Terveyden edistäminen digitaalisessa ympäristössä	175
6.1.3	Kenen terveyttä digiympäristössä edistetään?.....	177
6.1.4	Johtaminen ja tiedonhallinta terveyden edistämisessä	179
6.1.5	Digitalisaatio terveyden edistämisen tutkimuksessa.....	182
6.1.6	Tutkimusta digitalisaation vaikutuksista tulee jatkaa	184
6.2	Älykäs digitaalinen SOTE-järjestelmä	193
6.2.1	Perusteita	193
6.2.2	Kansallinen SOTE-IT-arkkitehtuuri	193
6.2.3	Tarvitaan keskitetty SOTE-tiedonhallinta	194
6.2.4	SOTE-kustannusten kasvu tulee taittaa – IT auttaa	197
6.2.5	Tekoäly auttaa terveydenhuollossa	198
7	DIGITAALINEN TEKOÄLYTUETTU KOULUTUS- JA OPPIMISJÄRJESTELMÄ	203
7.1	Digipedagogiikka.....	203
7.2	Uuden sukupolven digitaaliset oppimisen ratkaisut	205
7.3	Digitaalinen koulutus- ja oppimisjärjestelmä	206
	LIITE 1 ENITEN T&K-VAROJA KÄYTTÄVÄ YRITYKSET	211
	LIITE 2 KIRJALLISUUTTA JA RAPORTEJA.....	215

1 TIIVISTELMÄ

“The biggest part of our digital transformation is changing the way we think.”

— Simeon Preston, CEO of International Markets unit in Bupa.

Yhteiskunnan digimurros on laaja termi, joka kuvaa kokonaisvaltaista muutostilaa. Digimurros koskettaa lähes kaikkia elämän osa-alueita tämän päivän länsimaisessa kehittyneessä valtiossa. Digimurroksesta on puhuttu paljon muun muassa talouden ja teollisuuden konteksteissa, mutta on perusteltua sanoa, että kyseessä on yhteiskunnan kannalta paljon laajamittaisempi termi. Puhumme myös usein digitalisoituneesta yhteiskunnasta, mutta tämäkään ei itsessään ole riittävä termi ottamaan huomioon digitalisaation luomia muutoksia. Digimurros on enemmän kuin kokoelma uusia teknologioita tai rakenteellisia muutoksia palveluissa ja tuotteissa. Digimurros muokkaa muun muassa kulttuuriamme, elintapojamme ja yhteiskunnan rakenteita.

Digitalisaation vaikutukset koskevat laajasti sekä yksilöitä, organisaatioita, yrityksiä että yhteiskuntaa yhteisesti. Siksi digitalisaatiota tulee tutkia monialaisena ilmiönä yhdistäen ymmärrystä teknologian kehityksestä, yksilöiden ja organisaatioiden käyttäytymisestä ja taloudellisista vaikutuksista. Digitalisaatiossa integroidaan digitaalitekniikka osaksi elämän jokapäiväisiä toimintoja ihmisten arjessa ja työelämässä. Digitalisaatiossa on kyse yhteiskunnallisesta prosessista, jossa hyödynnetään teknologisen kehityksen uusia mahdollisuuksia.

Tässä kirjassa tarkastellaan digitalisaatiota ja sen merkitystä suomalaisessa yhteiskunnassa. Aineisto on koottu Jyväskylän yliopiston Informaatioteknologian tiedekunnassa laadituista useista raporteista, jotka käsittelevät digitalisaatiota, tekoälyä, kyberturvallisuutta, digikoulua sekä sosiaali- ja terveydenhuollon digitalisaatiota. Lisäksi kirjan kirjoittajat ovat kirjoittaneet useita artikkeleita koti- ja ulkomaisiin julkaisuihin, joita on käytetty lähteinä tässä kirjassa. Keskeisiä tutkimushankkeita ovat olleet:

- Platform Value Now: Value capturing in the fast-emerging platform ecosystems, 2015-2020
- Value from Health Data with Cognitive Computing, 2016-2017
- Watson Health Cloud Finland, 2017–2019
- Keski-Suomen digitalisaatiostrategian esiselvitys, 2020–2021

Kirjassa käsitellään digitalisaation olemusta, kehitystä ja sen aiheuttamaa muutosta yhteiskunnassa, liiketoiminnassa ja työn tekemisessä. Kirjassa kuvataan kansallinen ja EU-näkökulma digitalisaatioon. Digitalisaatiota on kuvattu eri kehitystrendien ja tulevaisuusanalyysien pohjalta, joita ovat tehneet mm. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta, Sitra, Gartner ja Forbes. Näiden ennusteiden merkitystä ja vaikutusta arvioidaan.

Kirjassa olemme kuvanneet 10 esimerkkiä siitä, kuinka digitalisaatio ilmenee yhteiskunnan eri toiminta-alueilla kodista sään ennustamiseen.

Tarkemmin kirjassa kuvataan ja analysoidaan kymmentä digitalisaation osa-aluetta, joita ovat:

1. Massadata ja tietoaltaat,
2. Tekoälysovellutukset,
3. Tekoälypohjaiset datankäsittelytekniikat,
4. Esineiden Internet (IoT) ja sensorinen data,
5. Lohkoketjut ja älysovimukset,
6. Robotti, robotiikka ja robotisaatio,
7. Digitaalisen toimintaympäristön kyberturvallisuus,
8. Digitaaliset palvelualustat,
9. Laskennallinen ajattelu simuloinnissa ja mallinnuksessa, digitaaliset kaksoset
10. Digitalisaatioon liittyvät tietoliikennetekniikat.

Olemme myös esittäneet digitalisaation eri alojen keskeisen vaikutuksen Suomeen ja millaisia toimenpiteitä tarvitaan esiin tulleiden haasteiden ratkaisemiseksi.

Omat lukunsa saavat laajat esitykset digitaalisesta tekoälytuetusta sosiaali- ja terveydenhuollosta sekä digitaalisesta tekoälytuetusta koulutus- ja oppimisjärjestelmästä.

Haluamme kiittää Karoliina Kaasalaista, Henri Heinosta ja Pasi Hännistä heidän erinomaisista asiantuntija-artikkeleistaan.

Jyväskylässä 4.5.2021

Pekka Neittaanmäki

Martti Lehto

Matti Savonen

2 JOHDANTO

”Tavoitteemme on korkealla: digitaalinen itsenäisyys. Tämä tarkoittaa aidosti digitaalisia sisämarkkinoita ja sitä, että me määrittelemme itse omat sääntömme, teemme itsenäisesti teknologiset valintamme ja kehitämme omat digitaaliset ratkaisumme.”

- Charles Michel, Eurooppa-neuvoston puheenjohtaja, 2.10.2020.

2.1 Digitalisaation kehityskaari

Digitalisaatio on ollut käsitteenä esillä jo useiden vuosien ajan ja sille on asetettu merkittäviä tavoitteita ja odotuksia. Suomalaisessa yhteiskunnassa on tapahtumassa suuria rakenteellisia muutoksia, ja digitalisaatio on ollut yhtenä yhteiskunnallisen keskustelun puheenaiheista. Siitä huolimatta digitalisaatio ei ole käsitteenä vakiintunut, eikä sille ole virallista tai kunnollista määritelmää, vaan määritelmiä on useita. Digitalisaatio voidaan kokea muutoksena, jossa perinteiset tavat toimia muokkautuvat uuteen maailmaan ja samanaikaisesti syntyy uusia palveluja ja toimintamalleja tuotannon, logistiikan, tuotekehityksen, markkinoinnin ja asiakaspalvelun sektoreilla. Digitalisaatio itsessään luo omalta osaltaan puitteita muutosten onnistumiselle haastaen meidät kyseenalaistamaan jo olemassa olevia toimintamalleja ja luomaan ne uusiksi, toimivammiksi ja joustavammiksi.

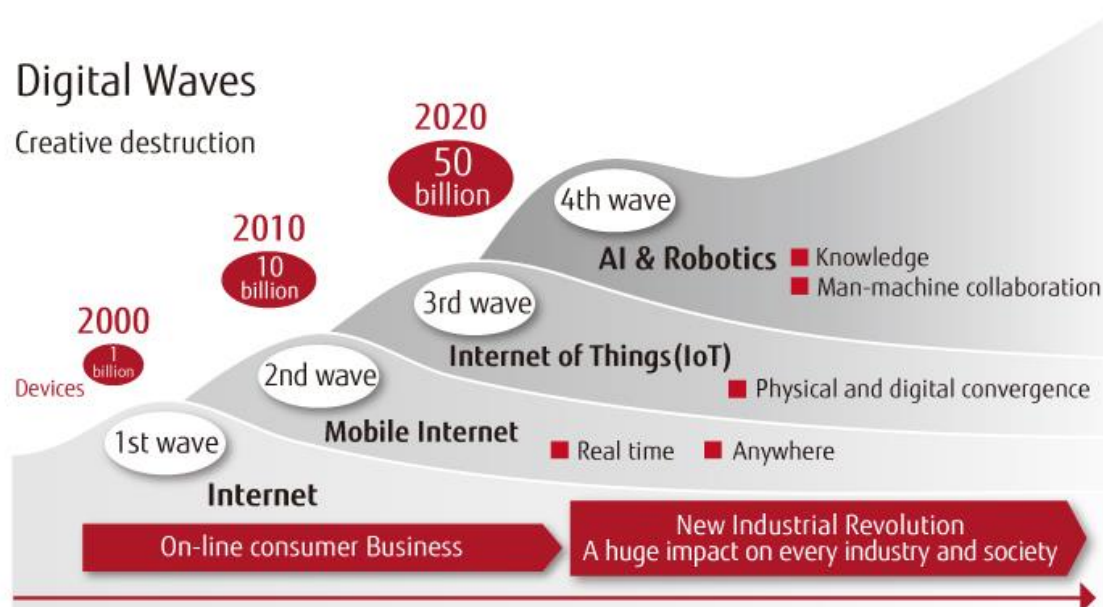
Konsulttiyritys Gartner määrittelee digitalisaation seuraavasti: *”Digitalization is the use of digital technologies to change a business model and provide new revenue and value-producing opportunities; it is the process of moving to a digital business.”* (Gartner, 2017)

Digitalisaatiolla voidaan tarkoittaa myös liiketoiminnan kasvamista tai siirtymistä täysin digitaalisiin sisältöihin, kanaviin ja transaktioihin. Digitalisaatio tarkoittaa digitaalitekniikan integrointia osaksi jokapäiväisen elämän toimintoja digitoinnin mahdollisuuksia hyödyntäen. Digitalisaatiolla voidaan yksinkertaistettuna tarkoittaa myös tiedon siirtämistä analogisesta digitaaliseen muotoon, joka huomattavasti tehostaa sekä tiedon siirtämistä että varastoimista. Etlä on määritellyt digitalisaation integrointina jokapäiväiseen elämään digitoimalla kuvaa, ääntä, dokumenttia tai signaalia tavuiksi kuvaamaan asioita ja tietosisältöä. (Alasoini, 2015; Vuorinen, 2014; Juhanko ym., 2015)

Digitalisaatio on ilmiönä asiakaslähtöistä toiminnan muutosta teknologian avulla. Lähtökohtana ovat asiakkaiden tarpeet, jotka ohjaavat ratkaisujen tuottamista. Interaktiivisuus on digitaalisuudessa vahva tekijä. Asiakas voi olla joko ulkoinen tai sisäinen. Digitalisaatio liitetään usein vahvasti teknologiaan ja tieto- ja viestintäteknologian ratkaisuihin, vaikka kyse on ennen kaikkea toiminnan muutoksesta, teknologisen kehityksen uusimpia mahdollisuuksia hyödyntäen. Tiivistäen voisi sanoa, että digitalisaatio on toiminnan muutosta teknologian avulla asioiden sujuvampaan hoitamiseen.

Tällä hetkellä olemme keskellä suurta digitaalisen muutoksen kehitysjaksoa, jollaista ei olla nähty aiemmin. Kuviosta 1 havainnollistuu digitalisaation kehityskaari aina Internetin käyttöönotosta mobiiliin Internetiin, esineiden Internetiin ja tekoälyyn sekä robotiikkaan saakka. Internetiin kytketyissä laitteissa on nähty valtava nousu vuonna 2020, jolloin 50 miljardin laitteen raja arvon on arvioitu ylittyvän. (Fujitsu, 2016)

Kuvassa 1 on esitetty digitalisaation kehitys Internetistä tekoälyyn ja robotiikkaan.



Kuva 1 Digitalisaation kehitys Internetistä tekoälyyn ja robotiikkaan. (Fujitsu, 2016)

Digitalisaatiokehitys on ollut nopeaa:

- Vuonna 1998 3,6 prosenttia maailman väestöstä käytti internetiä. Vuonna 2021 käyttäjiä on noin 4,66 miljardia (59,0 %),
- Päivittäin maailmalla lähetetään yli 200 miljardia sähköpostiviestiä, 500 miljoonaa twiittia ja käytetään Googlen hakukonetta 3,5 miljardia kertaa,
- Matkapuhelinten käyttäjiä maailmassa on yli 6,95 miljardia (89,1 %),
- Älypuhelinten käyttäjiä maailmassa on yli 3,5 miljardia,
- Vuonna 2020 maailmassa yli 30 miljardia verkkoon kytkettyä laitetta. Vuonna 2025 arvioidaan olevan yli 100 miljardia IoT-laitetta (engl. Internet-of Things).

Raha on suuremmaksi osaksi bitteinä pankkien palvelinympäristössä. Vuonna 2002 Suomessa nostettiin käteistä reilut 20 miljardia euroa ja vuonna 2018 enää reilut 12 miljardia euroa ja koronaepidemia on vähentänyt käteisen käyttöä edelleen. Informaatio on digitaalisessa muodossa. Siinä, missä vuonna 2003 yhteensä 25 prosenttia kaikesta maailman tiedosta oli tallennettu sähköisesti, on luku tänä päivänä jo 99 prosenttia.

Yhteiskunnan digitalisaation myötä käyttöön on tullut mitä erilaisimpia älylaitteita, jotka jo nyt ohjaavat ihmisten elämää. Vuosittain myydään yli 1,6 miljardi älypuhelinta ja niistä on tullut kiinteä osa ihmisen arkea. Sama älykkyyden kasvu on nähtävissä esineiden internetissä, jossa tulevaisuudessa kymmenet miljardit älykkäät laitteet ja sensorit kokoavat, välittävät ja hyväksikäyttävät tietoa. Tekoäly, koneoppiminen ja älykkäät laitteet

ovat keskeiset strategiset megatrendit tulevaisuudessa. Tekoäly ja koneoppiminen ovat saavuttaneet sellaisen kypsyyssasteen, joka laajentaa virtuaalista todellisuuttamme uusissa palveluissa ja sovelluksissa.

Digimaailman kehitys ei ole irrallinen ilmiö vaan se yhdistyy vahvasti yhteiskuntarakenteisiin ja eri toimijoiden tarpeisiin ja odotuksiin. Kehitykselle on ominaista nopeus sekä tietynlainen arvaamattomuus tulevaisuudesta. Teknologian kehitystä ei myöskään tule nähdä pelkästään uhkien näkökulmasta vaan teknologia tuottaa uudenlaisia ratkaisuja ja toimintamalleja turvallisuuden tuottamiseen. Uusista teknologisista ratkaisuista otetaan käyttöön ne mitkä parhaiten tuottavat lisäarvoa, tehokkuutta ja vaikuttavuutta. (Wilska, Kuoppamäki, 2017; Wilska, Kuoppamäki, 2018)

Rajat digitaalisen ja fyysisen maailman välillä hämärtyvät edelleen. Digitaalinen maailma tulee heijastamaan yhä yksityiskohtaisemmin fyysistä maailmaa ja olemaan kiinteä osa fyysisistä maailmaa luoden uusia liiketoimintamalleja ja digitaalisia ekosysteemeitä.

Tulevaisuuden palvelut perustuvat ihmisten, erilaisten toimijoiden ja älykkäiden koneiden ekosysteemiin. Kehittyvässä digitaalisessa yhteiskunnassa mahdollisuuksien tila laajenee. Tilaa laajentavat kyberfyysiset toisiinsa kytkeytyneet järjestelmät, vuorovaikuttisuus, itse tuottaminen ja jakaminen, sekä koneiden älykkyyden ja kyvykkyyden kasvu.

Digitaalitalouden kehitystä edistävät erilaisten palveluiden ja tietokäytäntöjen digitalisoituminen ja siirtyminen verkkoon. Näin muodostuu digitaalinen alustatalous, jossa elementteinä ovat teollinen internet (engl. Industrial Internet of Things, IIoT), erilaiset sosiaalisen median ja viestinnän alustat sekä hajautetut verkkopalvelut. Alustatalous on internetin ja digitaalisen teknologian mahdollistamia toimintamalleja, joiden pohjalta eri toimijat harjoittavat alustan sallimaa keskinäistä vaihdantaa tai palvelutuotantoa. Euroopan osuus globaalista alustatalousbisneksestä on tällä hetkellä vain 5 %.

Digitalisaatio aiheuttaa suuria muutoksia kaikilla liiketoimialoilla. Digitalisaatio on muuttanut perustavalla tavalla yritysten toimintamalleja tuotannosta logistiikka- ja arvoketjujen hallintaan ja markkinointiin. Digitaalinen murros perustuu ihmisten muuttuneisiin odotuksiin, yhteiskunnan palvelurakenteiden ja -tuotannon kasvaneisiin tehokkuusvaatimuksiin ja teknologioiden tarjoamiin mahdollisuuksiin. Uudet teknologiat, työkalut ja toimintatavat muuttavat ihmisten tapaa toimia arjessa ja työssä, organisaatioiden tapaa toteuttaa tehtäviään ja julkishallinnon tapaa tuottaa palveluita eli koko yhteiskunnan toimintalogiikka muuttuu. (Watanabe, Naveed and Zhao, 2015)

Yhteiskuntamme on voimakkaassa rakennemuutoksessa ja samalla tietoa on tarjolla yhä enemmän jalostettavaksi aikaan ja paikkaan sidottua kysyntää varten. Teknologian kehityksen ansiosta raakadataa on saatavissa yhä enemmän. Erilaiset sensorit tuottavat tekstimuotoista, kuvallista, audiovisuaalista ja signaalipohjaista dataa analyysiä varten. Näin muodostuu tietovarantoja kuten esimerkiksi avoin data, massadata, omadata, SOME-data, tutkimusverkostojen data ja sensoridata, jotka kaikki ovat raaka-ainetta analyysi- ja jalostusprosesseille.

Data-analyysin osaajien tarve on voimakkaassa kasvussa. Datamäärän kasvu tarjoaa suuria mahdollisuuksia niille, jotka pystyvät ymmärtämään dataa, irrottamaan siitä oleellisen ja visualisoimaan sekä selventämään tämän tiedon muille. Datasta jalostetun tiedon sekä ihmisten ja systeemien interaktiivisuuden kasvaessa päätöksenteon optimoinnin tarve kasvaa.

Dr. Peter H. Diamandis (2015) hahmotti artikkelissaan, millainen on maailma vuonna 2025:

1) Silloin käytettävissä on tietokoneiden laskentakykyä 10^{16} IPS (Instruction Per Second) ja hinta on vain 1000 euroa. Tuolloin laskentakyky vastaa ihmisaivojen prosessointinopeutta.

2) Kaiken internet (engl. Internet of Everything, IoE) yhdistää ihmiset, laitteet, prosessit ja datan tehokkaalla tavalla. Vuonna 2025 IoE käsittää 100 miljardia laitetta, joissa jokaisessa on monia tietoa kokoavia sensoreita.

3) Olemme menossa kohti kykyä kaiken tiedon hallintaan. Biljoonat sensorit keräävät tietoa kaikkialta ympäriltämme. Tämä mahdollistaa meille tietää kaiken haluamamme, milloin tahansa, missä tahansa ja tämä tietoisuus saadaan tekoälyn ja älylaitteiden avulla.

4) Tällä hetkellä Facebook (Internet.org), SpaceX, Google (Project Loon), Qualcomm ja Virgin (OneWeb) suunnittelevat tarjoavansa kaikille ihmisille mahdollisuuden liittyä globaaliin tietoverkkoon vähintään yhden megabitin nopeudella. Tämä tuo verkkoon 5 miljardia uutta käyttäjää.

5) Facebook (Oculus), Google (Magic Leap), Microsoft (HoloLens), Sony, Qualcomm, HTC ja monet muut investoivat miljardeja dollareita uuden sukupolven näyttöjen ja käyttöliittymien kehittämiseen. Nykyisten puhelinten, tietokoneiden ja televisioiden näytöt tulevat katoamaan ja tilalle tulee henkilökohtainen, aina mukana oleva näyttö.

6) Tekoäly ja koneoppiminen ottavat suuria harppauksia seuraavana vuosikymmenenä. Yritykset kuten IBM (Watson), Google (DeepMind) ja Vicarious (Intelligent Robotics) kehittävät seuraavan sukupolven tekoälyyn perustuvaa tietokonetta. IBM Watsonin kaltaisesta koneesta siirrytään käyttämään tietokonetta, joka toimii henkilökohtaisena avustajana. Henkilökohtaiselle avustajalle annamme oikeuden kuunnella kaikkea kommunikatiotamme, lukea kaikki sähköpostit, olla mukana kaikissa sosiaalisen median palveluissa ja skannata kaikki biometrinen datamme, koska me kaikki hyödyimme siitä.

Digitalisaation yhteiskunnallinen onnistuminen edellyttää uudenlaisten kasvua tuottavien ja uusien teknologisten mahdollisuuksien pohjalta syntyvien liiketoiminnallisten, organisatoristen ja muiden sosiaalisten innovaatioiden tuottamista. Tämä edellyttää esteiden madaltamista innovatiivisilta ratkaisuilta ja niitä tukevan kokeilukulttuurin vahvistamista. Lisäksi digitalisaation hyödyt tulee saada kaikkien kansalaisten käyttöön laaja-alaisesti ja monipuolisesti.

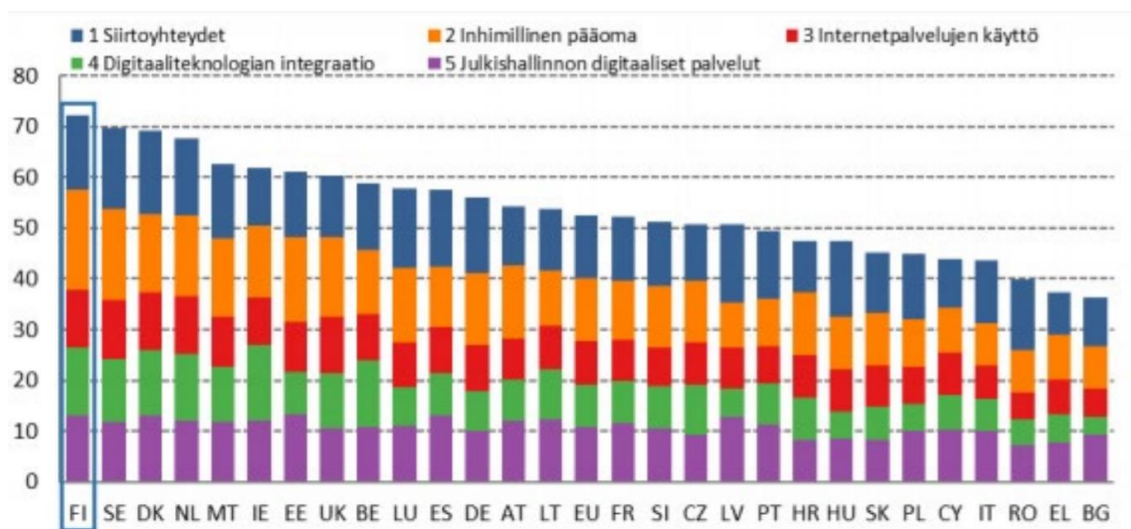
2.2 Kansallinen näkökulma digitalisaatioon

2.2.1 Suomi digitalisaation kärjessä

Suomessa digitalisaatio käynnistyi 1980-luvulla digitaalisten teknologioiden alkaessa yleistyä arkielämän toiminnoissa, aluksi kotitietokoneiden myötä. Matkapuhelimet ja internet yleistyivät nopeasti: vuonna 1990 joka kymmenennessä kotitaloudessa oli matkapuhelin, vuonna 2001 määrä oli 89 %. 1990-luvun lopulla internetliittymien määrä lisääntyi 60–70 %:lla vuodessa. Pankki- ja mediasektori ovat olleet digitalisaation kärjessä.

Suomi on edelläkävijä muun muassa avoimessa tieteessä sekä digitaalisessa oppimisessa ja opetuksessa. Suomi on Euroopan komission digitaalitalouden ja -yhteiskunnan indeksin (DESI) 2020 perusteella digitalisaation suunnannäyttäjä Euroopassa. Kehitys on osoittanut, että meillä on osaamista käyttää digitaalisia palveluja. DESI-indeksin mukaan kilpailuvalttejamme ovat inhimillinen pääoma ja osaavat kansalaiset.

Kuvassa 2 on esitetty Euroopan komission digitaalitalouden ja -yhteiskunnan indeksin (DESI) 2020 tulos.



Kuva 2 Euroopan komission digitaalitalouden ja -yhteiskunnan indeksi (DESI) 2020

Suomessa on asetettu tavoitteeksi, että maamme tunnetaan edelläkävijänä, jossa digitalisaation ja teknisen kehityksen tuomia mahdollisuuksia kehitetään ja otetaan käyttöön yli hallinto- ja toimialarajojen. Tavoitteena on nostaa julkisen sektorin teknologia- ja digitalisaatiokyvykkyyttä sekä kehittää julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyötä. Digitalisaation edistämisen ohjelma (**Digiohjelma**) on rakennettu näiden tavoitteiden toimeenpanemiseksi. Ohjelma tukee ja kannustaa viranomaisia tuomaan palvelunsa kansalaisten ja yritysten saataville digitaalisina vuoteen 2023 mennessä. (VM, 2021)

Digiohjelman tavoitteena on myös se, että elinkeinotoimintaa harjoittavien paperi- ja käyntiasiointi on vähentynyt merkittävästi, ja tarjolla on useita vain digitaalisia yrityspalveluja. Digitalisaation edistämisen ohjelmalla on neljä painopistettä, jotka yhdessä toteuttavat hallitusohjelmataavoitetta saattaa julkiset palvelut digitaalisina kansalaisten ja yritysten saataville vuoteen 2023 mennessä:

- Digitaalisten palvelujen tarjoamisesta koskevan lain toimeenpano mahdollistaa saavutettavat, laadukkaat ja turvalliset palvelut kansalaisille.
- Digipalvelujen kehittäminen mahdollistaa tarvittavat muutokset ja tavoitellut hyödyt.
- Digituen kehittäminen ja vakiinnuttaminen nostavat kansalaisten ja yritysten osaamista palvelujen käyttäjinä.
- Digitaalinen, julkisen hallinnon palvelutapa elinkeinotoimintaa harjoittaville helpottaa heidän hallinnollista taakkaansa.

(VM, 2020)

Valtiovarainministeriö on jo suunnitellut pitkään, että julkishallinnon digitalisaatiossa kansalaiset ja yritykset tuodaan julkisten palveluiden kehityksen keskiöön. Seniorien hyvinvointia voidaan parantaa älykkäillä terveyspalveluilla, lapset voivat oppia historiaa ja maantiedettä virtuaaliympäristöissä ja oman auton omistamisen tarve voi poistua, kun julkisen liikenteen palvelut pystytään tarjoamaan kokonaisvaltaisesti. Valtiovarainministeriön mukaan julkiset sähköiset palvelut liittyvät olennaisesti digitalisaation läpimurtoon. Niiden avulla kansalaiset, yritykset ja yhteisöt voivat käyttää julkisia palveluja ajasta ja paikasta riippumatta. Yleensä sähköinen asiointi on helpoin ja nopein tapa hoitaa viranomaisasioita. Kun niiden käyttö lisääntyy, julkinen palvelutuotanto tehostuu ja säästyy yhteisiä verovaroja. Julkisen hallinnon sähköisten palvelujen tulee olla toimivia, helppokäyttöisiä ja turvallisia.

Valtiokonttorin selvityksen mukaan ”digitalisaatio ei ole ilmiönä uusi, mutta sen vaikutukset ovat laajemmat kuin aiemmin on ajateltu. Tämän päivän ja erityisesti tuleva digitalisaatio on vallankumouksellista, toimintaa mullistavaa uudistamista. Ellei ajattelua samalla muuteta, on vaarana, että vanhojen toimintatapojen päälle rakennetaan automaatiota, joka tekee prosessista vain entistä kalliimman. On aika kyseenalaistaa vanhaa ja löytää oikea visio. Ennen kuin voimme tehdä asioita uudella tavalla, meidän pitää opetella. Oppiminen tapahtuu tekemällä. Toiminnan digitalisoinnissa on tärkeää, että aloitetaan heti – ei suunnitella liikaa vaan opitaan kokeilemalla.” Raportin mukaan keskeisiä digitalisaation teknologiatrendejä ovat sosiaalinen media, analytiikka, teollinen internet, mobiiliteknologia, pilvipalvelut ja Big data. (Lehto & Neittaanmäki, 2016)

Vuonna 2010 laaditun Suomen digitaalisen agendan mukaan tieto- ja viestintäteknologinen kehitys vaikuttaa merkittävästi koulutuksen, tutkimuksen ja kulttuurin tuottamiseen, välittämiseen ja hyödyntämisen tapoihin. Sähköisen asioinnin yleistymisen sekä tieto- ja viestintäteknologian hyödyntäminen laajasti kaikessa työelämässä edellyttää koko väestöltä riittäviä tietoyhteiskunta- ja mediataitoja. Tietoyhteiskunnan kannalta on tärkeää varmistaa lasten ja nuorten tulevaisuuden osaaminen ja kyky toimia digitaalisessa ympäristössä. Tämä edellyttää lasten huoltajien, opettajien ja muiden kasvattajien tietoteknisen osaamisen, digitaalisten palvelujen käytön, mediakasvatustietoisuuden ja sosiaalisen pääoman vahvistamista. (LVM, 2010; Wilska, 2018; Hänninen ym., 2021)

2.2.2 Hallitusohjelmat edistämään digitalisaatiota

1990-luvun puolivälistä alkaen sähköiset palvelut/digitalisaatio ja niiden kehittäminen nousivat osaksi hallitusohjelmia. Digitalisaation edistyessä sen rooli on vahvistunut hallitusten asettamissa tavoitteissa.

A) Pääministeri Paavo Lipposen hallituksen ohjelmassa 13.4.1995 todetaan, että ”hallitus edistää toimivan tietoyhteiskunnan kehittymistä. Kuvaa, ääntä ja muuta tietoa välittävä laajakaistainen tiedon valtaväylä ulotetaan kotitalouksien, julkisten palveluiden ja pk-yritysten käyttöön. Hallitus edistää sähköisen viestinnän käyttämistä aktiivisesti etätyössä ja -opetuksessa. Hallitus edistää mahdollisuuksia huolehtia uusien opetus- ja oppimisteknologioiden hyödyntämisestä ja oppimateriaalin saattamisesta laajaan kansalliseen käyttöön.”

B) Pääministeri Paavo Lipposen II hallituksen ohjelman 15.4.1999 mukaan:

- Pk-yrityksiin kohdistuvia hallinnollisia rasitteita kevennetään mm. parantamalla pienten yritysten asiointimahdollisuuksia sähköisen tiedonsiirron käyttöä tehostamalla ja yhdistämällä eri viranomaisten tarvitsemien tietojen keruuta.

- Hallitus edistää toimivien sisämarkkinoiden syntymistä Euroopan unionin viestintämarkkinoille. Hallituksen aktiivisella toiminnalla Euroopan unionissa ja muussa kansainvälisessä yhteistyössä edistetään sitä, että sähköiseen kaupankäyntiin ja verkkoliiketoimintaan syntyisi riittävästi harmonisoidut maailmanlaajuiset pelisäännöt, jotka parantavat kuluttajien mahdollisuuksia käyttää sähköisiä palveluita.

- Hallitus selvittää miten tietoliikenteen ja tietoverkkojen turvallisuus- ja suojaustekniset kysymykset tulisi hallinnollisesti järjestää.

- Suomi haluaa olla edelläkävijä ihmisystävällisen ja kestäväen tietoyhteiskunnan toteuttamisessa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sähköisten palvelujen sekä kulttuuri- ja tietosäiltöjen kehittämistä helppokäyttöisiksi ja turvallisiksi kaikkien ihmisten käyttöön yhtä lailla mikrotietokoneen, digitaalisen television ja matkaviestimen avulla.

- Hallitus aktivoi kokeiluja uuden teknologian, uudenlaisen osaamisen ja uusien työmenetelmien käyttöönottamiseksi yrityksissä ja julkisessa palvelutuotannossa. Hallitus edistää erityisesti sosiaalisia ja teknologisia innovaatioita osana julkisen sektorin palvelukulttuurin nykyaikaistamista.

- Julkisen sektorin toimintaprosesseja, sähköistä asiointia ja päätöksenteon avoimuutta on kehitettävä tieto- ja viestintäteknikan tarjoamista mahdollisuuksista käsin.

- Kansalaisten ja alueiden syrjäytymistä ehkäistään tuomalla tietoyhteiskunnan palvelut tasapuolisesti kaikkien ulottuville. Parannetaan julkisten palveluiden saumattomuutta ja kustannustehokkuutta tieto- ja viestintäteknikan avulla huolehtien samalla tietoturvalisuudesta.

- Sähköisellä asioinnilla parannetaan julkisen hallinnon palvelukykyä ja tehokkuutta. Valtionhallinnossa ja mahdollisimman laajasti myös kunnallishallinnossa otetaan käyttöön

yksi yhteinen sähköinen henkilökortti, jolla voi asioida luotettavasti ja turvallisesti hallinnossa.

C) Pääministeri Matti Vanhasen I hallituksen ohjelman 24.6.2003 mukaan ”kulttuuri-työssä hyödynnetään digitalisoinnin tuomia mahdollisuuksia kommunikaation, yhteistyön ja interaktiivisuuden lisäämiseksi. Panostetaan digitaaliseen sisältötuotantoon.”

D) Pääministeri Matti Vanhasen II hallituksen ohjelmassa 19.4.2007 todetaan, että ”hallitus edistää kansalaisten ja yritysten luottamusta arjen tietoyhteiskunnan palveluihin. Varmistetaan yritysten toimintaedellytykset kaikissa oloissa kriittisen infrastruktuurin toimintavarmuutta ja yrityssalaisuuksien suojaa kehittämällä. Helppokäyttöistä sähköistä tunnistamista koskevaa lainsäädäntöä uudistetaan. Hallitus kiinnittää erityistä huomiota lasten ja nuorten asemaan tietoyhteiskunnan kansalaisina tavoitteenaan kaikille turvallinen digitaalinen ympäristö.”

E) Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelman 22.6.2011 mukaan:

”Suomen elinkeinorakenteen uudistamiseksi julkisia toimenpiteitä on kohdistettu erityisesti kolmeen kasvun kärkeen: biotalouteen, cleantechiin ja digitalisaatioon. Laajimman kansallisen tason strategisen toimintaohjelman digitalisaation hyödyntämiseksi tarjoaa hallituksen ICT 2015 -hankkeen puitteissa tehtävä työ. Toimien toteutuksessa ovat painottuneet 1) Yhtenäinen kansallisen palveluarkkitehtuurin rakentaminen, 2) Avoimen datan ekosysteemin luominen, 3) 10 vuoden ICT 2023 -tutkimus-, kehitys- ja innovaatio-ohjelma, 4) Alku- ja kasvuvaiheen innovatiivisten yritysten tarpeita palveleva rahoitusohjelma sekä 5) Uudet toimintatavat. Viime aikoina painopistealueeksi on noussut myös teollinen internet.

Lisäksi ”digitalisaatio on monien sektoreiden keskeinen kasvutekijä, jonka hyödyntäminen edellyttää selkeää strategiaa ja vahvaa johtamista. Kansallinen palveluväylä edistää digitalisaatiota ja on etenemässä suunnitellusti.”

F) Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015 esittää useita digitalisaation kehittämiskohteita. Hallitusohjelmassa ”strategisia tavoitteita ovat terveys ja hyvinvointi, työllisyys, kilpailukyky ja kasvu, koulutus ja osaaminen, biotalous ja puhtaat teknologiat sekä toimintatapojen muuttaminen esimerkiksi edistämällä digitalisuutta ja purkamalla turhaa sääntelyä ja byrokratiaa. Kärkihankkeita ovat esimerkiksi peruskoulutuksen uudistaminen digitaalisten oppimisympäristöjen avulla. Uudet oppimisympäristöt ja digitaaliset materiaalit peruskouluun.”

Hallitusohjelmassa asetetun tavoitteen mukaan ”Suomi on ottanut tuottavuusloikan julkisissa palveluissa ja yksityisellä sektorilla tarttumalla digitalisaation mahdollisuuksiin ja purkamalla turhaa sääntelyä ja byrokratiaa. Suomen ketterää uudistumista tuetaan luottamukseen, vuorovaikutukseen ja kokeilujen hyödyntämiseen perustuvalla johtamis-kulttuurilla.”

Hallituskauden tavoitteiden mukaan ”määrätietoisella johtamismallilla on kehitetty käyttäjälähtöiset, tuottavuutta ja tuloksellisuutta nostavat yhden luokun digitaaliset jul-

kiset palvelut. Julkinen päätöksenteko on innovatiivisesti mahdollistanut ja luonut Suomeen suotuisan toimintaympäristön digitaalisille palveluille ja teollisen internetin soveluksille ja uusille liiketoimintamalleille. Kansalaisten arkea, yritystoimintaa, maataloutta, investointeja, rakentamista, tervettä kilpailua ja vapaaehtoistoimintaa on helpotettu merkittävästi turhaa sääntelyä purkamalla, hallinnollista taakkaa keventämällä ja lupaprosesseja sujuvoittamalla. Johtamista ja toimeenpanoa on rohkeasti uudistettu vahvistamalla tietoon perustuvaa päätöksentekoa ja avoimuutta sekä hyödyntämällä kokeiluja ja kansalaisten osallisuutta tukevia toimintatapoja.”

Hallituksen kärkihankkeita olivat:

1. Digitalisoidaan julkiset palvelut
2. Rakennetaan digitaalisen liiketoiminnan kasvuympäristö
3. Sujuvoitetaan säädöksiä
4. Otetaan käyttöön kokeilukulttuuri
5. Parannetaan johtamista ja toimeenpanoa

G) Pääministeri Antti Rinteen hallitusohjelman 6.6.2019 yhtenä tavoitteena on ”rakentaa digitalisaation edistämisen ohjelma, jonka myötä julkiset palvelut on oltava kansalaisten ja yritysten saatavilla digitaalisina vuoteen 2023 mennessä.”

H) Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelman 10.12.2019 mukaan ”tulevaisuuden muutosajureita ovat globaalit megatrendit, kuten ilmastonmuutos, digitalisaatio ja kaupungistuminen.”

Hallitusohjelmassa esitetään seuraavia digitalisaation kehittämiskohteita:

- Tehostetaan julkisen hallinnon strategisen tason johtamista sekä linjataan yhteiskunnan toiminnan turvaamisen kannalta kriittisten tietojen, tietoverkkojen ja tietojärjestelmien kehittämistoimista digitaalisessa toimintaympäristössä.
- Verottajalle mahdollistetaan tarvittavat lainsäädännölliset ja teknologiset keinot, joilla se voi mahdollisimman automaattisesti kerätä digitaalisen alustatalouden toimijoiden tiedot verotuksen käyttöön.¹
- Luodaan rakennetun ympäristön valtakunnallinen digitaalinen rekisteri ja tietotalusta, joihin maankäyttöä ja rakentamista koskevat päätökset ja prosessit tukeutuvat.
- Suomi edistää EU:n digitalisaatiopolitiikkaa, joka sääntelee kestävästi ylikansallisia alustapalveluja, vahvistaa EU:n digitaalisia sisämarkkinoita ja kilpailukykyä sekä edistää kansalaisten ja yritysten tietosuojaa ja digitaalisia toimintaedellytyksiä.
- Digitaalisesti talletetun informaation säilyvyys ja luotettavuus varmistetaan. Huolehditaan, että Suomella on varmennettua ja pysyvää digitaalista historiaa.
- Otetaan huomioon digitalisaation edistämisessä ja tietopolitiikassa pk-yritysten kyky tarttua uusiin mahdollisuuksiin avoimien rajapintojen kautta.

¹ Digitaalisesta verotuksesta on alaluvussa 4.6

Hallitusohjelman digitalisaatioon liittyviä tavoitteita ovat:

1. Suomi tunnetaan edelläkävijänä, jossa digitalisaation ja teknologisen kehityksen luomia mahdollisuuksia kehitetään ja otetaan käyttöön yli hallinto- ja toimialarajojen.
2. Rakennetaan kattavaa valokuituverkkoa koko maahan ja nostetaan tiedonsiirtonopeutta yleispalveluvelvoitteena. Edistetään digitaalisen infrastruktuurin strategian toteutumista.
3. Osaamisesta turvaa työn murrokseen. Työn murros ja digitalisaatio vaikuttavat siten, että työpaikkoja häviää, mutta samalla syntyy uusia tuottavampia toimialoja, yrityksiä ja työtehtäviä.

2.3 Eurooppalainen näkökulma digitalisaatioon

2.3.1 Tilanne Euroopan unionissa

EU:n viime vuosien raporteissa on lisääntyvässä määrin oltu huolissaan digitalisaation heikosta kehityksestä Euroopassa. Nykyisten arvioiden mukaan noin 95 % ohjelmistoista tuodaan Euroopan ulkopuolelta; EU:sta onkin tullut suurin ohjelmistotuojia. Sama pätee Suomeen. Euroopan digitaaliset alustat tehdään pääosin USA:ssa, ja me olemme keskittyneet tiedon luontiin noilla alustoilla, emme niiden rakenteiden tuottamiseen, mikä työllistäisi enemmän kuin vain tiedon luonti. Kiina on hyvä esimerkki suunnitelmallisesta kehittämisessä - 15 vuodessa siitä on tullut tasavertainen Yhdysvaltain kanssa. Samaan aikaan Eurooppa on jäänyt jälkeen näistä maista. Yhdysvalloissa ja Kiinassa keskeisenä tekijänä on ollut vahva julkinen rahoitus ja tuki. Yhdysvalloissa 80 %:ssa ohjelmisto- ja laitekehityshankkeita taustalla on julkinen rahoitus. Lisäksi Yhdysvaltain ja Kiinan menestys perustuu vahvaan yhteistoimintaan yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa - 2/3 kasvuyrityksistä syntyy yliopistojen kautta. Tekoälyn alueella Yhdysvallat, Venäjä ja Kiina investoivat voimakkaasti. Kiina haluaa olla tekoälyn johtava valtio vuonna 2030 investoimalla 1 triljoonaa yuania (\$150 miljardia) vuoteen 2020 mennessä. (Lehto, 2018)

Maaliskuussa 2021 Eurooppa-neuvoston jäsenet keskustelevat digitaalista kompassia koskevasta ehdotuksesta, myös tavoitteista vuodeksi 2030. Eurooppalaisen näkökulman mukaan digitalisaatiolla on valtavat mahdollisuudet tuoda ratkaisuja moniin Euroopan ja eurooppalaisten edessä oleviin haasteisiin. Digiteknologia muuttaa paitsi viestintätapojamme, myös laajemmin sitä, miten elämme ja työskentelemme. Koronapandemian vauhdittamana EU pyrkii nopeuttamaan teknologista siirtymää. (Eurooppa-neuvosto, 2021)

Digitaalisten ratkaisujen avulla luodaan työpaikkoja sekä edistetään koulutusta, kilpailukykyä ja innovointia. Ne voivat myös parantaa kansalaisten elämänlaatua. Digiteknologiassa on myös ratkaiseva rooli Euroopan talouden ja yhteiskunnan muutoksessa pyrittäessä saavuttamaan ilmastoneutraali EU vuoteen 2050 mennessä EU-johtajien sopiman tavoitteen mukaisesti. (Eurooppa-neuvosto, 2021)

EU:n arvojen sekä kansalaisten perusoikeuksien ja turvallisuuden turvaaminen on keskeinen osa digitaalista siirtymää. EU pyrkii noudattamaan ihmiskeskeistä toimintatapaa, jossa otetaan huomioon sosiaaliset erot eri puolilla unionia. Digitalisaatio on olennainen osa EU:n ratkaisua covid-19:n aiheuttamaan talouskriisiin. Koronapandemian myötä tarve nopeuttaa Euroopan digitaalista siirtymää on käynyt yhä ilmeisemmäksi. (Eurooppa-neuvosto, 2021)

2.3.2 EU:n digitaalistrategian keskeiset politiikan alat

Eurooppa-neuvosto (2021) esitti EU:n digitaalistrategian keskeisiksi politiikka-aloiksi seuraavia kokonaisuuksia:

Digitaalinen itsenäisyys

Covid-19-kriisin jälkeisessä ympäristössä EU pyrkii suojaamaan ja vahvistamaan digitaalista itsenäisyyttään ja ottamaan johtoaseman strategisissa kansainvälisissä digitaalisissa arvoketjuissa, sillä ne ovat keskeisiä tekijöitä strategisen riippumattomuuden varmistamisessa digitaalisella alalla. Samalla olisi edistettävä EU:n yhteisiä arvoja ja kunnioitettava perusvapauksia, mukaan lukien tietosuoja, yksityisyys ja turvallisuus.

Digitaaliset palvelut

Verkkoalustat ovat tärkeä osa EU:n digimarkkinoita ja -taloutta. EU:n jäsenmaat katsovat, että digitaalisia palveluja koskevia sääntöjä on vahvistettava, nykyaikaistettava ja selkeytettävä, jotta voidaan varmistaa käyttäjien turvallisuus verkossa ja antaa innovatiivisille digitaalisen yritysille mahdollisuus kasvaa.

Datatalous

Teknologian kehityksen myötä dataa on saatavilla yhä enemmän. EU:n jäsenmaat tunnustavat datatalouden merkityksen Euroopan kasvulle ja menestymiselle digiaikana. Ne pyrkivät kehittämään datataloutta ihmiskeskeisellä tavalla ja EU:n yhteisten arvojen mukaisesti. Samalla varmistetaan datan jakaminen ja uudelleenkäyttö laajemmin eri aloilla ja yli rajojen, mikä voi olla perustana monenlaisille innovatiivisille palveluille ja sovelluksille.

Televiestintäministerit kävivät 7. joulukuuta 2020 periaatekeskustelun ehdotuksesta datatallintösäädökseksi. Ehdotuksella halutaan edistää datan saatavuutta uudelleenkäyttöä varten eri alojen välillä ja yli rajojen. Ehdotus on keskeinen niiden toimien kannalta, joilla mahdollistetaan ja ohjataan EU:n laajuisten yhteisten ja yhteentoimivien data-avaruuksien luomista strategisilla sektoreilla kuten energia, liikkuvuus ja terveys.

Tekoäly

Tekoäly voi edistää innovatiivisempaa, tehokkaampaa, kestävämpää ja kilpailukykyisempää taloutta. Se voi myös parantaa kansalaisten turvallisuutta, koulutusta ja terveydenhuoltoa. Tekoäly tukee myös ilmastonmuutoksen torjuntaa. EU:n jäsenmaat tukevat tekoälyn kehittämistä, mutta tunnustavat siihen liittyvät mahdolliset riskit. Ne kannustavatkin noudattamaan eettistä ja ihmiskeskeistä toimintamallia.

Mahdollistavat teknologiat

Pilvilaskenta, kvanttitekniologiat ja suurteholaskenta ovat tärkeässä asemassa Euroopan digitaalisen selviytymiskyvyn kehittämisessä.

- **Pilvilaskenta** on olennaisen tärkeä varmistettaessa, että dataa käsitellään tehokkaasti. Se voi muun muassa edistää vihreää siirtymää maatalouden, liikkuvuuden, rakennusten ja valmistusteollisuuden kaltaisilla aloilla.
- **Suurteholaskennan** eli supertietokoneiden avulla dataa voidaan käsitellä ja analysoida tuhansia kertoja nopeammin kuin muilla tietokoneilla, mikä voi johtaa merkittävään tieteelliseen edistykseen.
- **Kvanttitekniologioissa** käytetään kvanttimekaniikan ominaisuuksia sellaisten käytännön sovellusten kehittämiseksi, joilla voidaan saada aikaan merkittäviä parannuksia tieteessä, teollisuudessa ja yhteiskunnassa.

Tietoliikenneyhteydet

Koronapandemia on osoittanut, että kaikkialla EU:ssa tarvitaan nopeita ja ajasta ja paikasta riippumattomia yhteyksiä, jotta digitekniologia olisi kaikkien eurooppalaisten saatavilla. EU on vahvistanut yhteyksiä koskevat tavoitteet vuodeksi 2025:

- Gigabittiyhteydet kaikille tärkeimmille sosioekonomisille vaikuttajille,
- 5G-kattavuus kaikilla kaupunkialueilla ja keskeisillä maaliikenneväylillä,
- Kaikkien Euroopan kotitalouksien saatavilla yhteys, joka on vähintään 100 Mbit/s.

Kyberturvallisuus

Kyberuhkia ja -rikoksia esiintyy yhä laajemmin, ja ne ovat entistä edistyneempiä. EU pyrkii parantamaan reagointivalmiuksiaan sekä turvaamaan digitaalisen infrastruktuurin, viestintäverkkojen ja -palvelujen eheyden, turvallisuuden ja häiriönsietokyvyn. Parantamalla kyberturvallisuutta voidaan lisätä luottamusta digitekniologiaan ja varmistaa turvallinen, avoin ja suojattu kyberavaruus. EU-johtajat kehottivat lokakuun 2020 ylimääräisessä Eurooppa-neuvostossa parantamaan EU:n kykyä suojautua kyberuhkilta, tarjota suojattu viestintäympäristö, erityisesti kvanttilaskennan avulla, ja varmistaa tietojen saatavuus oikeudellisia ja lainvalvontatarkoituksia varten.

Eurooppalainen digitaalinen tunnistaminen (e-ID)

Eurooppa-neuvosto kehotti lokakuussa 2020 kehittämään EU:n laajuisen suojatun julkisen sähköisen tunnistamisjärjestelmän (e-ID) kehiksen, myös yhteentoimivat digitaaliset allekirjoitukset, jotta ihmiset voivat valvoa verkkohenkilöllisyyttään ja verkossa olevia tietojaan ja jotta heillä on pääsy julkisiin, yksityisiin ja rajat ylittäviin digitaalisiin palveluihin. Se pyysi komissiota esittämään ehdotuksen eurooppalaista digitaalista tunnistamista koskevasta aloitteesta vuoden 2021 puoliväliin mennessä.

Sähköiset terveyspalvelut

Covid-19-kriisi on osoittanut digitalisaation merkityksen terveydenhuolto- ja hoiva-alalla. Digitalisaatio voi vahvistaa terveydenhuoltojärjestelmien sieto- ja reagointikykyä pandemian aikana.

Digiosaaminen ja koulutus

EU:ssa tarvitaan kaikilla aloilla yhä enemmän digitaitoisia työntekijöitä. Markkinoilta arvioidaan puuttuvan 1 miljoona digiasiantuntijaa. EU:n jäsenmaat haluavat puolittaa tämän luvun vuoteen 2025 mennessä parantamalla digialan koulutusta ja kehittämällä työvoiman osaamista. Kyberturvallisuustietoisuutta olisi myös parannettava, jotta EU:n kansalaiset ja järjestöt voisivat suojautua kyberuhkilta.

Oikeuden digitalisointi

Jäsenmaiden oikeusjärjestelmien laajempi digitalisointi voi parantaa kansalaisten ja yritysten oikeussuojan saatavuutta ja lisätä tuomioistuinmenettelyjen vaikuttavuutta ja tehokkuutta.

2.3.3 EU:n digitaalinen kompassi

EU komissio (2021b) esitteli 9.3.2021 digitaalisen kompassin, jossa kuvataan EU:n konkreettiset digitaalialan tavoitteet vuoteen 2030 mennessä. Se kattaa neljä keskeistä alaa:

- Osaaminen,
- Julkisten palvelujen digitalisointi,
- Yritysten digitaalinen muutos,
- Turvalliset ja kestävätkä digitaaliset infrastruktuurit.

1. Osaaminen

- Tieto- ja viestintäteknikan asiantuntijat: 20 miljoonaa + sukupuolierojen tasoittaminen,
- Digitaaliset perustaidot: vähintään 80 prosentilla väestöstä.

2. Julkisten palvelujen digitalisointi

- Keskeiset julkiset palvelut: 100 % verkossa,
- Sähköinen terveydenhuolto: 100 % potilastietojen saatavuus,
- Digitaalinen henkilöllisyys: 80 % kansalaisista käyttää digitaalista henkilökorttia.

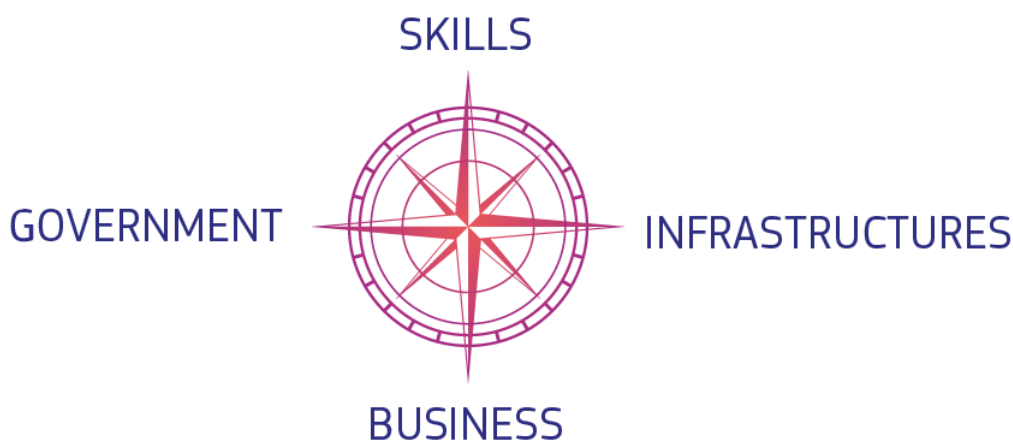
3. Yritysten digitaalinen muutos

- Teknologian käyttöönotto: 75 % EU:n yrityksistä käyttää pilvipalveluja / tekoälyä / massadataa.

4. Turvalliset ja kestävätkä digitaaliset infrastruktuurit

- Verkkoyhteydet: gigabitti kaikille, 5G kaikkialle,
- Uuden polven puolijohteet: EU:n osuus maailmanlaajuisesta tuotannosta kaksinkertaistetaan,
- Data – Edge & Cloud: 10 000 ilmastoneutraalia huipputurvallista reunasolmua,
- Laskenta: ensimmäinen kvanttietokone.

Kuvassa 3 on esitetty Euroopan digitaalinen kompassi.



Kuva 3 Euroopan digitaalinen kompassi (EU komissio, 2021)

On aivan ilmeistä, että Euroopassa tarvitaan koulutusta ja osaamista, jotta voidaan haastaa Kiina ja Yhdysvallat. Digitaalinen Eurooppa -ohjelman suunnitelma eurooppalaisten digitaali-innovaatiokeskittymien verkostosta on oikean suuntainen mutta riittämätön. Eri arvioiden mukaan Euroopassa tarvitaan 40–60 osaamiskeskittymää koko digitalisaation alueelle suurteholaskentaan, tekoälyyn, kyberturvallisuuteen, digitaalisiin taitoihin sekä digitaalitekniologioiden hyödyntämiseen ja yhteentoimivuuteen. Osaamiskeskittymien välille tulee luoda vahva yhteistoiminta EU:n sisällä ja sen ulkopuolella. Erityisesti tarvitaan investointeja nuoriin, jotta parhaat voimat saadaan käyttöön. Osana osaamisen parantamista tarvitaan erityinen Young Talent -ohjelma saamaan huippuosaajat mukaan eurooppalaiseen tutkimukseen ja koulutukseen. Edellytyksenä on, että uusista osaamiskeskittymistä tulee vetovoimaisia suhteessa esimerkiksi Yhdysvaltojen tai Kiinan huippuyliopistoihin. (Lehto, 2018)

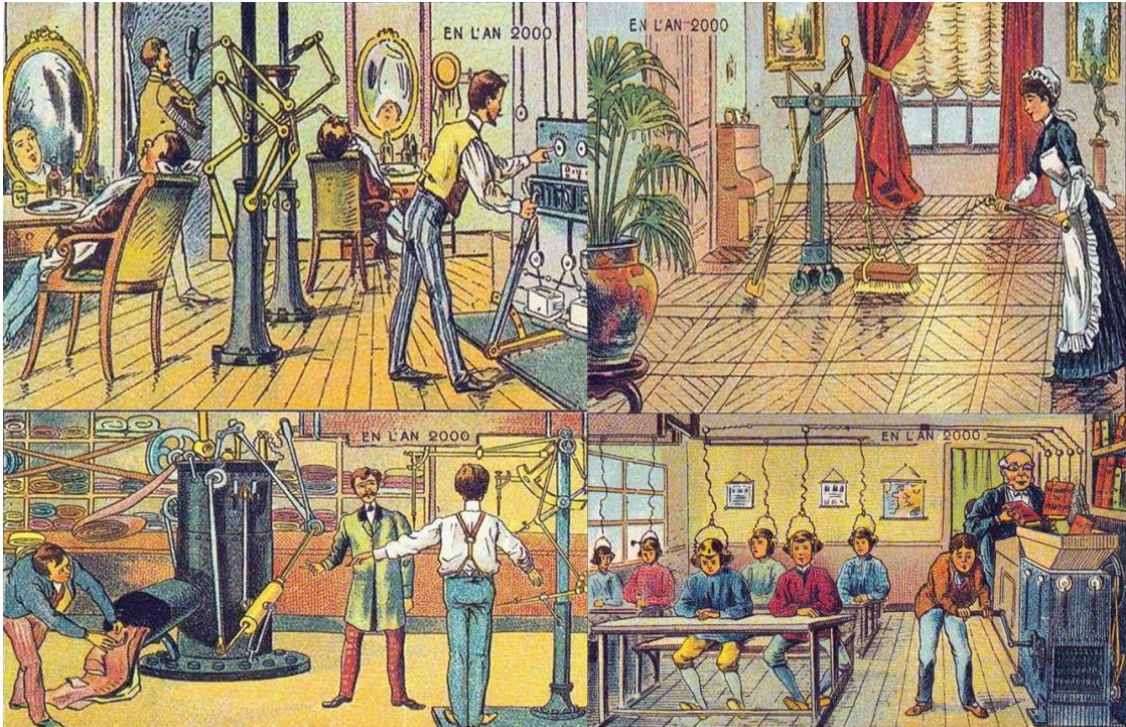
2.4 Digitalisaatio muuttaa yhteiskuntaa

Digitalisaatio on luonut spesifisiä ilmiöitä, luonut erilaisia toimintaympäristöjä ja mahdollistanut käyttäytymistä, joita ei ole ennen digitaalista aikaa. Tiedeyhteisön ennen digiaikaa kehittämät teoriat ja opit eivät aina ole riittävän sovelluskelpoisia selittämään ja ennustamaan digitaaliajan ilmiöitä riittävän tarkasti, joten tarvitaan alan teoreettista tutkimusta ja teorioiden kehittämistä. Tutkimuksessa tulee ottaa huomioon ilmiökohtaisesti missä määrin tutkimuksessa käytetyt teoriat ja mallit huomioivat digitalisaation erityispiirteet. Perinteiset teoriat tulee päivittää selittämään tarkemmin digiajan ilmiöitä ja tarvitaan uusia teorioita selittämään ja ennustamaan digitalisaatiokehityksen spesifejä ilmiöitä. (Lehto & Neittaanmäki, 2016)

Yhteiskunnan digimurros on laaja termi, joka kuvaa kokonaisvaltaista muutostilaa. Digimurros koskettaa lähes kaikkia elämän osa-alueita tämän päivän länsimaaisessa kehittyneessä valtiossa. Digimurroksesta on puhuttu paljon muun muassa talouden ja teollisuuden konteksteissa, mutta on perusteltua sanoa, että kyseessä on yhteiskunnan kannalta paljon laajamittaisempi termi. Puhumme myös usein digitalisoituneesta yhteiskunnasta, mutta tämäkään ei itsessään ole riittävä termi ottamaan huomioon digitalisaation luomia muutoksia. Digimurros on enemmän kuin kokoelma uusia teknologioita tai rakenteellisia muutoksia palveluissa ja tuotteissa. Digimurros muokkaa muun muassa kulttuuriamme, elintapojamme ja yhteiskunnan rakenteita.

Termin laajuudesta johtuen pyrimme avaamaan digimurroksen vaikutuksia elämän eri osa-alueilla ja nostamaan esille sekä yhteiskunnan että yksilön kannalta tärkeimpiä tämän hetken ja tulevaisuuden muutoksia. Digimurrokseen liittyy useita kysymyksiä etiikasta, yhteiskunnan ja yksilön arvoista, sekä tulevaisuuden kehityksen ennusteista joihin vastaaminen ei ole yksiselitteistä tai objektiivista. Useat näistä kysymyksistä ovat poliittisen keskustelun keskipisteessä. On odotettavaa, että teknologian kehitys ja sen tuomat muutokset tulevat vaatimaan yhteiskunnalta yhä enemmän arvokeskustelua, sekä lainsäädännöllistä aktiivisuutta.

Tulevaisuuden ennustaminen on aina haasteellista. Vuonna 1900 visioitiin maailmaa vuonna 2000. Tuolloin nähtiin mekaanisten koneiden tulevan auttamaan ihmistä niin arjen toiminnassa kuin työtehtävissä kuvan 4 mukaisesti. (Swanson, 2015)



Kuva 4 Maailma vuonna 2000 vuonna 1900 tehdyn vision mukaan. (Swanson, 2015)

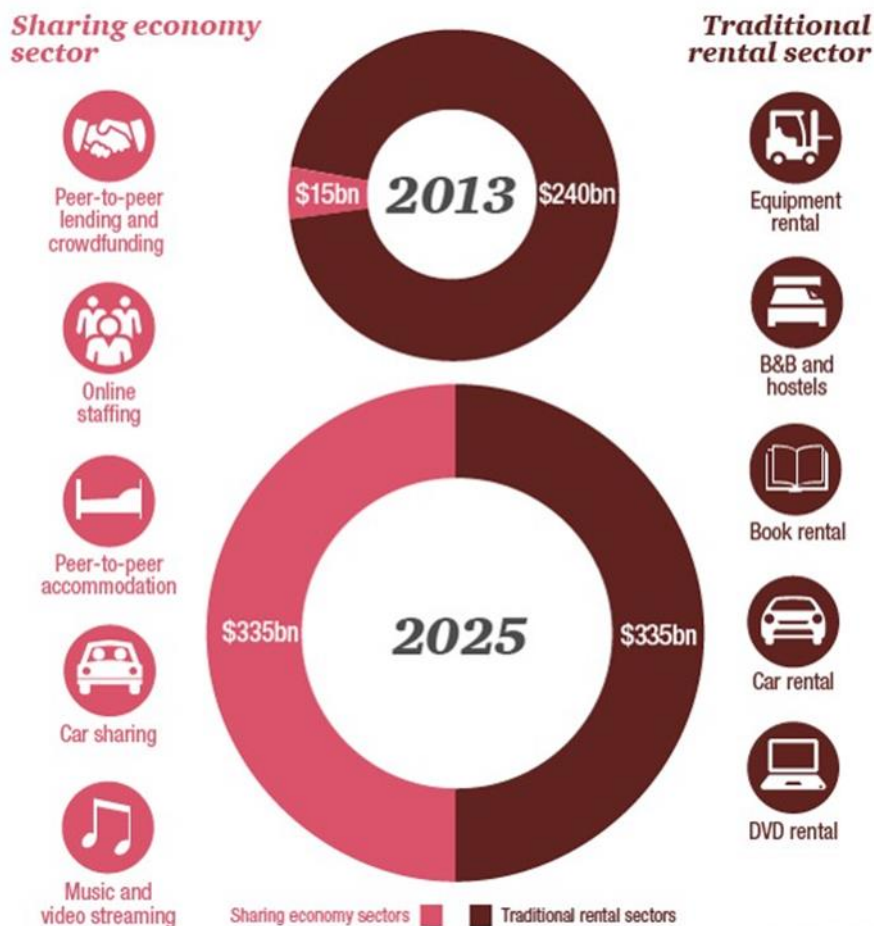
Nyt digitalisaation vahvistuessa näemme mekaanisuuden tilalle tulevan digitaalisen älykkyyden, joka muuttaa ihmisten arkea ja työelämää sekä koko yhteiskunnan toiminnat.

taa. Digitalisaatiolla on merkittävä muutosvaikutus työelämässä. Oxfordin yliopiston tutkijoiden laskelman mukaan Yhdysvalloissa jopa 47 prosenttia työpaikoista olisi uhattuina teknologisen kehityksen johdosta seuraavan parin vuosikymmenen aikana.

2.5 Digitalisaatio muuttaa liiketoimintakäytäntöjä

Jakamistalouden vaikutus viime vuosina on ollut merkittävä. Kokonaisia taloudenaloja on käytännössä kuihtunut pois ja niiden arvon kuluttajalle on korvannut jakamistalouden palvelu. Kuluttajalle jakamistalouden palvelu on usein halvempi ja nopeampi. Nämä palvelut tuotetaan usein ison palvelualustan avulla. Esimerkiksi viihdeteollisuus, liikennepalvelut, matkapalvelut ja vapaa-ajanpalvelut ovat mullistuneet viimeisen vuosikymmenen aikana.

Kuvassa 5 on kuvattu jakamistalouden ja perinteisen vuokratilouden kehityssuuntia.



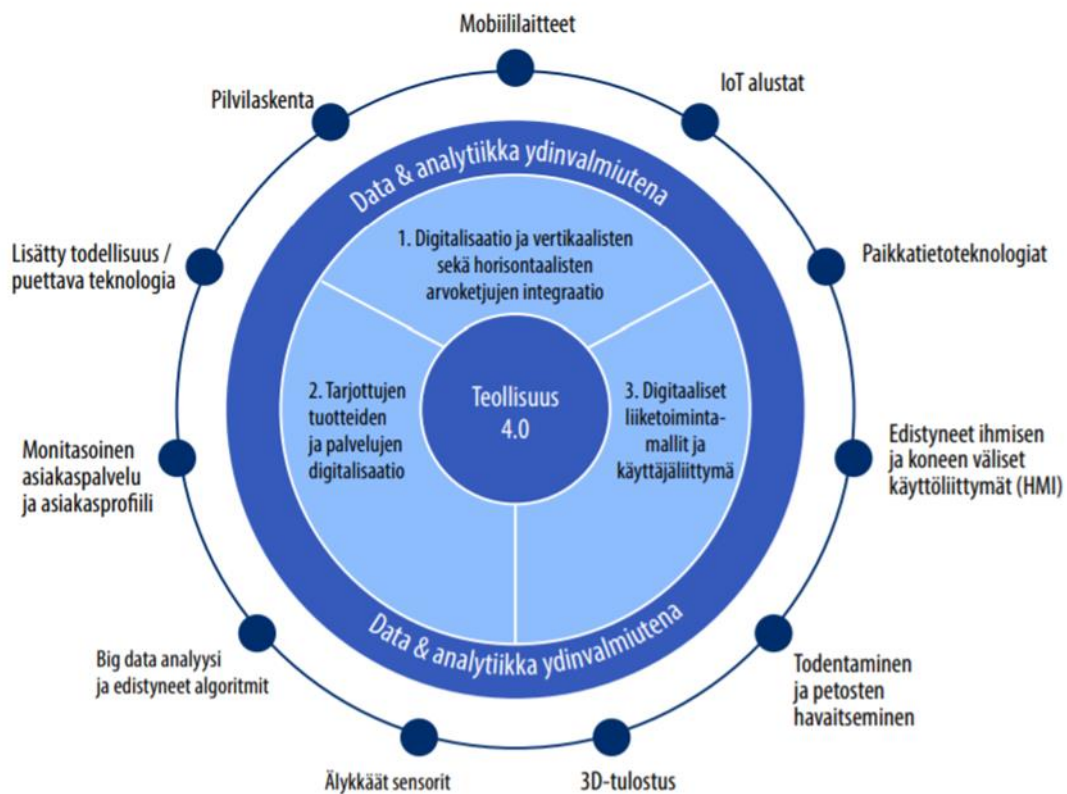
Kuva 5 Jakamistalouden ja perinteisen vuokratilouden kehityssuuntia. (PwC analytics)

Digitalisaation myötä toimintaympäristön muuttuessa palvelut uudistuvat ja yritysten liiketoiminnat muuttuvat. Keskeisiä asioita ovat digitaaliset palvelualustat, laitteiden suppratoiminnallisuus, globaalit palvelut, tekoälyn hyödyntäminen ja yhteiskunnan

muuttuminen globaaliksi itsepalveluyhteiskunnaksi. (Watanabe, Tou, Neittaanmäki, 2021)

TEM:n raportin mukaan ”Neljäs teollinen vallankumous uudistaa talouden rakenteita ja murtaa toimialojen välisiä rajoja sekä niiden perinteistä työnjakoa ja luonnetta. Se synnyttää uudenlaisia liiketoimintaekosysteemejä, joissa saumattoman digitaalisuuden mahdollistama aineeton ja aineellinen arvonluonti yhdistyvät asiakaslähtöisiksi innovaatio-, tuotanto- ja palveluprosesseiksi. Neljäs teollinen vallankumous ulottuu valmistavan teollisuuden lisäksi myös muihin toimialoihin, kuten asiantuntijapalveluihin, ohjelmistokehitykseen, kauppaan ja logistiikkaan sekä yhteiskunnalliseen infrastruktuuriin ja energian tuotantoon.” (TEM, 2020)

Tekoäly on yksi neljännen teollisen vallankumouksen mahdollistavista teknologioista, joita ovat myös muun muassa huippunopeat langattomat tietoliikenneyhteydet (5G/6G), esineiden internet (IoT), ainetta lisäävä valmistus (3DP), lisätty ja virtuaalinen todellisuus (AR/VR) sekä suurteho- ja kvanttilaskenta (kts. kuva 6). Kun nämä teknologiat yhdistetään datan hyödyntämiseen, ne mahdollistavat muun muassa reaaliaikaisesti ohjautuvat arvoketjut, uudet digitaaliset tuotteet ja palvelut sekä uudet asiakaskeskeiset liiketoimintamallit. (TEM, 2020)



Kuva 6 Teollisuus 4.0 viitekehys ja digitaalisten teknologioiden panostus (TEM, 2020)

Puunjalostusteollisuudessa digimurros on vähentänyt erityisesti sanomalehti- mutta myös toimistopaperin kysyntään. Vastaavasti verkkokauppa on lisännyt merkittävästi kartongin kysyntää, kun pakettien tarve on lisääntynyt merkittäväksi. Esimerkiksi Suo-

men Postin pakettivolyymi kasvoi alkuvuonna 2021 25 prosenttia. Verkkokaupan globaalit toimijat (mm. Amazon, Alibaba) ovat vallanneet Suomen markkinoita ja aiheuttaneet perinteisten erikoisliikkeiden liiketoiminnan kannattavuuteen. IT-teollisuuden osalta matkapuhelintuotanto on siirtynyt suurille toimijoille (Samsung, Huawei, Apple), mutta tietoverkkojen liiketoiminnassa Suomen asema on edelleen vahva (Nokia). (Watanabe et.al, 2021a; Watanabe et.al, 2020; Watanabe, Tou and Neittaanmäki, 2020)

Jakamistalous näkyy taksiliikenteen (Uber ym.) ja majoituspalveluiden (Airbnb ym.) tuomana muutoksena perinteisessä palveluliiketoiminnassa. Luovat alat ovat keskellä digimurrosta globaalien toimijoiden muuttaessa markkina-asetelmia suoratoistopalveluissa (esim. Spotify musiikkialalla, Netflix, Disney, HBO, Viaplay) ja kirja- ja äänimarkkinassa (esim. Amazon). (Tou, Watanabe and Neittaanmäki, 2020)

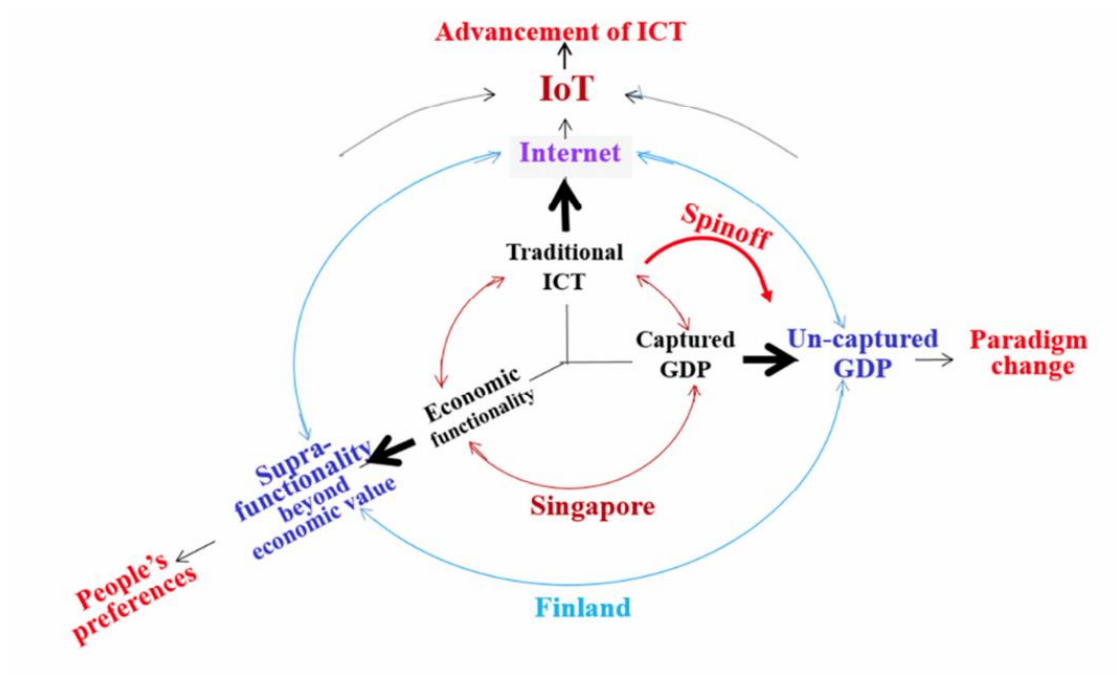
Myös matkailuala on kokenut suuren murroksen. Perinteiset matkatoimistot ovat lähes loppuneet, kun matkojen, hotellien ja lentojen varaukset ovat siirtyneet Internettiin.

Maksamiskäytäntöjen muutos on tuonut mukaan lisää globaaleja toimijoita, kun älypuhelin ja verkkokaupan toimijat ottavat käyttöön myös maksamisjärjestelmiä. Digimuutoksen seurauksena perinteiset pankkien kassa- ja muut palvelut ovat lähes loppuneet ja suurin osa pankkikonttoreista on lakkautettu.

Yhteiskunnan infrastruktuurin kasvava digitalisaatio luo teknologiateollisuudelle (esim. Kone, Cargotec, Wärtsilä, Valmet, Metso Outotec, ABB) uusia mahdollisuuksia esimerkiksi huoltopalveluliiketoiminnassa.

Kirjassa *Transforming the Socio-Economy with Digital Innovation* on analysoitu suurten yritysten liiketoimintamallien uudistumista digitalisaation murroksessa. Luvuissa 4 ja 5 ja liitteessä 1 on kuvattu ko. murrosta. (Watanabe et al., 2021b)

Kuvassa 7 on kuvattu käsitettä supratoiminnallisuus.



Kuva 7 Supratoiminnallisuus

Singaporen ja Suomen sijainti megatrendien eri kehillä voidaan tulkita siten, että Singaporen talous noudattaa yhä perinteistä mallia, kun taas Suomi hyötty edistyksestä digitaalisesta tuotantotavasta. Kuvassa 20 on esitetty esimerkki supra-toiminnallisuudesta: älypuhelin ja siihen liittyvät toiminnot ja palvelut.

Digitalisaation ja verkkopohjaisten palveluiden luomaan kiihtyvään talouskasvuun liittyy näennäinen tuottavuuden paradoksi. Tämä paradoksi tarkoittaa, että perinteiset bruttokansantuotteen mittarit eivät ole riittäviä kuvaamaan digitaalisen talouden todellista arvoa. Kirjassa *Transforming the Socio-Economy with Digital Innovation* digitaalisen talouden tuottaman lisäarvon mittaamisessa käytetään termiä "uncaptured GDP" josta voidaan käyttää suomenkielistä termiä "näkytön BKT". Termin määrittämiseksi on tehty analyyskejä kansallisista, talousmaailman ja yksilötason käyttäytymismalleista. (Watanabe et al., 2021b; Tou et.al, 2019; Moriya, 2019a; Watanabe, Tou and Neittaanmäki, 2018)

Paradoksi syntyy siitä, että yhteiskunta on muuttumassa yhä laajemmin digitaalisten järjestelmien (tekoäly, robotiikka) pohjalle toimivaksi itsepalveluyhteiskunnaksi, jossa perinteinen bkt:n laskemistapa ei kuvaa yhteiskunnassa tapahtuvaa tuottavuuden arvonlisäystä. Ihmisten yhä laajemmin käyttäessä itsenäisesti älykkäitä digitaalisia palveluita jää osa arvonlisäyksestä näkymättömäksi. Tämä tarkoittaa samalla, että arvonlisävero ei ulotu kaikkeen tuttavaan toimintaan. Arvonlisävero yleisenä kulutusverona kohdistuu lähes kaikkien tavaroiden ja palveluiden kulutukseen. Itsepalveluyhteiskunnassa koneiden työ ja kansalaisten omatyö jää arvonlisäyksen ulkopuolelle. Aikaisemmin esimerkiksi organisaatioissa oli konekirjoittajia, piirtäjiä, matkapalvelusihteereitä jne., mitkä työt nyt toteutuvat itsepalveluna. Tämän vuoksi digitaalisen talouden lisäarvon

ymmärtäminen on kriittistä nykypäivän päätöksenteossa. (Watanabe et al., 2021b; Tou et al., 2019)

2.6 Digitalisaatio muuttaa avoimen datan käytäntöjä

Data on digitaalisesta toiminnasta syntyvä jälki, eikä sillä itsessään ole arvoa. Arvoa syntyy, kun dataa jalostetaan tiedoksi ja edelleen innovaatioiksi ja palveluiksi. Näin datan ympärille syntyy datatalous, jossa liiketoimintamalli perustuu datan hyödyntämiseen ja käyttöön eri tavoin. Datan arvo syntyy ekosysteemeissä, jossa osa toimijoista tuottaa dataa ja osa käsittelee sitä. Näin rakentuu alustatalouden toimintamalli. Alustoilla arvo syntyy vuorovaikutuksessa datan jakamisen kautta kolmansien osapuolten käyttöön. (Vänskä & Härkönen, 2020; Halenius ym., 2018)

Data- ja alustataloudessa syntyy kuluttajalle hyviä ja kiinnostavia palveluita, jotka usein ovat ”ilmaisia”. Keskeistä on koota tietoja kuluttajan mieltymyksistä ja käyttäytymisestä käyttäen hyväksi psykografian menetelmiä, jossa tarkoituksena on lisätä ihmistunteista ja erotella eri persoonallisuustyypit. Tällä tavoin kerättyjä tietoja on sovellettu persoonallisuuden, arvojen, mielipiteiden, asenteiden, etujen ja elämäntapojen tutkimiseen. Yhdistettäessä kuluttajan käyttäytymistietoja hänestä kerättyyn kasvojen tunnistustietoihin (perusilmeet) voidaan tietoja käyttää yhdessä tekoälyn kanssa myös ihmisen tunteiden tulkintaan.

Alustatalouden suurien toimijoiden ympärille rakentunut digitaalinen mainonta on yksi ensimmäisistä datatalouden alueista, jonka lieveilmiöihin ja taustalla oleviin liiketoimintamalleihin kiinnitetään yhä enemmän huomiota. Myös toimiala itse on huolestunut asenneilmapiiriin ja lainsäätäjien aiheuttamasta paineesta. Pitkään menestynyt toimiala on muutoksessa ja edessä on toimintamallien uudistaminen. (Vänskä & Härkönen, 2020; Halenius ym., 2018)

EU:ssa annettiin kesällä 2019 direktiivi avoimesta datasta. Sen tarkoituksena on edistää julkisen sektorin hallussa olevan tiedon uudelleenkäyttöä kaupallisiin ja muihin kuin kaupallisiin tarkoituksiin. Keskeiset muutokset koskevat julkisten yritysten hallussa olevia asiakirjoja, julkisin varoin tuotettuja tutkimusaineistoja, tiheästi tai reaaliaikaisesti päivittyvää tietoa (dynaamista dataa) sekä arvokkaita tietoaineistoja. Direktiivi on saatettava kansallisesti voimaan 17.7.2021 mennessä. (EU komissio, 2019)

Strategia hyväksyttiin 25.3.2021. Euroopan parlamentti korosti hyväksymässään päätöslauselmassa, että datan vapaa liikkuvuus Euroopan unionissa on varmistettava eurooppalaisten yritysten, yliopistojen ja tutkijoiden globaalien kilpailukykyyn takaamiseksi. Datayhteiskuntien tulee rakentua EU:ssa tunnustetuille oikeuksille ja arvoille, kuten yksityisyys, läpinäkyvyys ja perusoikeuksien kunnioittaminen. Lisäksi niiden tulee voida mahdollistaa paremmat ja automatisoidut reaaliaikaiset palvelut, kestävä kasvu ja laadukkaat työpaikat. Päätöslauselmassa huomautetaan myös, että kansalaisilla tulisi olla täysi oikeus hallita omaa dataansa ja päättää sen käytöstä. (EPressi, 2021)

Euroopan komissio julkisti helmikuussa 2020 Euroopan uuden datastrategian. Datastrategian tavoitteena on luoda yhteinen eurooppalainen data-avaruus eli aito ja avoin datan sisämarkkina, joilla yrityksillä olisi vapaa pääsy teolliseen dataa, mutta henkilötiedot ja muut suojattavat tiedot, kuten liikesalaisuudet, turvattaisiin ja kaikkea muutakin soveltuvaa pakottavaa lainsäädäntöä, kuten kuluttajansuojaa ja kilpailuoikeutta, noudatettaisiin. (EU komissio, 2020a)

Direktiivin 2000/31/EY (sähköistä kaupankäyntiä koskeva direktiivi) antamisen jälkeen on syntynyt uusia ja innovatiivisia tietoyhteiskunnan (digitaalisia) palveluja, jotka muuttavat unionin kansalaisten jokapäiväistä elämää. Ne myös muovaavat ja muuttavat tapaa, jolla kansalaiset viestivät, käyttävät yhteyksiä, kuluttavat ja harjoittavat liiketoimintaa. Nämä palvelut ovat vaikuttaneet syvästi yhteiskunnan ja talouden muutoksiin unionissa ja kaikkialla maailmassa. (EU komissio, 2020b)

Joulukuussa 2020 annettiin asetus digitaalisten palveluiden sisämarkkinoista (digipalvelusäädös), johon sisältyy sääntöjä verkossa toimivista välityspalveluista. Eri verkkotoimijoiden velvollisuudet on mitoitettu vastaamaan niiden roolia, kokoa ja vaikutusta verkkoekosysteemissä. Säädöksellä parannetaan kuluttajien ja heidän perusoikeuksiensa suojelua verkossa, luodaan verkkoalustoille vahva avoimuutta edistävä ja vastuuvastuuta selkeyttävä kehys sekä edistetään innovointia, kasvua ja kilpailukykyä sisämarkkinoilla. (EU komissio, 2020b)

Sääntely onkin tarpeellista, sillä Sitran selvityksen perusteella ihmisten on mahdotonta tietää, mitä dataa heistä on kertynyt ja kenellä dataa on. Verkkokäyttäytymisestä syntyvää yksilödataa rikastetaan datankulun eri vaiheissa yksilöstä muodostettavaa profiilia varten. Digitaalisen mainonnan ympärillä toimivien yritysten synnyttämät profiilit muodostetaan kuluttajien tietämättä, eivätkä ne laajamittaisesta datan keräämisestä huolimatta vastaa todellisuutta, vaikka niillä on vaikutusta yksilöille tarjoiutuun tietoon. Yleinen tietosuojasäädös mahdollistaa vain rajoitetun näkyvyyden omaan dataan. Datan luovuttamisen vastineena pidetään ilmaisia palveluja. (Vänskä & Härkönen, 2020)

Suosituimmat alustapalvelut ovat rakentuneet vuosien aikana merkittäviksi avoimen datan käyttäjiksi. Vastuu yksityisyyden säilyttämisestä on tähän asti säilytetty yksilölle, ja yksityisyydestä onkin muodostunut alustayhtiöiden ja digitaalisen mainonnan markkinan hankalin kysymys. Markkinan pelisääntöjen ymmärtäminen on kuluttajille ensiarvoisen tärkeää. Lasten ja nuorten käyttämien palvelujen osalta se muodostaa aivan erityiset haasteensa. (Vänskä & Härkönen, 2020)

Esimerkiksi Sitran raportin mukaan testissä olleen johtotason henkilön dataa kulkeutui 112 toimijalle (kts. kuva 8). Hänen mielestään paras vaihtoehto olisi se, että käyttäjät voisivat valita joko datan luovuttamisen tai palvelun käytöstä maksamisen. (Vänskä & Härkönen, 2020)



Kuva 8 Johtotason henkilön datan kulkeutuminen. (Vänskä & Härkönen, 2020)

2.7 Digitalisaatio muuttaa työmarkkinoita ja työn luonnetta

2.7.1 Työmarkkinamuutos

Teollinen kehitys on aina muuttanut työn tekemistä ja työmarkkinoita. 1700-luvun lopulla ensimmäisen teollisen vallankumouksen ydin oli koneellistettu tehdastyö (Teollisuus 1.0). Toinen vaihe tapahtui 1800–1900-lukujen vaihteessa, kun teollisuuteen tuli massatuotanto, liukuhihna ja työnjako (Teollisuus 2.0). 1960-luvulla alkoi elektroniikan esiinmarssi teollisuudessa (Teollisuus 3.0). Nykyinen teollinen vallankumous (Teollisuus 4.0) perustuu digitalisaatioon ja tietotekniikkaan tuotantojärjestelmissä. Keskeistä on uusien läpimurtoteknologioiden käyttöönotto: kognitiivinen tietojenkäsittely, virtuaalisuus, digital twin, lohkoketjuteknologia, robotisaatio, teollinen internet. Teollisuus 4.0 kehityksessä tekoäly on keskeisessä roolissa. (Jakobsson & Kokkinen, 2019)

Globaalit trendit tulevat näkymään myös siinä, miten teemme työtä. Pitkät ja vakaat työsuhteet eivät enää ole yleisiä, vaan työurat koostuvat patkätöistä. Työntekijät joutuvat mukautumaan muuttuviin tilanteisiin nopealla aikataululla. Tämä tarkoittaa myös sitä, että yhteiskunnan tuen tärkeys työntekijän perusturvallisuudelle ja elämänlaadulle

korostuu. Siirtymiset työsuhteesta toiseen tarkoittaa usein työttömyysajanjaksoa ja uusien taitojen opettelua. Vakauden puute heijastuu myös muihin talouden ja elämän alueisiin.

Useimmat yritykset joutuvat investoimaan uusiin ohjelmiin ja järjestelmiin, jotka mahdollistavat sen, että virtuaaliset ja fyysiset elementit voidaan liittää toisiinsa koneiden välisen kommunikaation, informaatioteknologian ja suuren tietomäärän välityksellä. Automaation ja tietoverkkojen myötä kaikilla tuotantosektoreilla raskaasta ja valmistavasta teollisuudesta, terveydenhuoltoon, matkailu- ja ravintola-alaan sekä telekommunikaatioon käytetään yhä älykkäämpiä koneita ja laitteita. Samalla muuttuu työntekijöiden tehtäväkuvat ja osaamisvaatimukset. (Watanabe ym., 2018)

Aikaisemmasta teollisesta kehityksestä poiketen muutos tapahtuu nyt nopeammin ja laajemmin kuin aikaisemmin. Oxfordin yliopiston tutkijoiden Carl Freyn ja Michael Osbornen tutkimuksen mukaan 47 prosenttia nykyisistä työpaikoista (Yhdysvalloissa) katoaa tulevien kahdenkymmenen vuoden aikana. Heidän näkemyksensä mukaan erityisesti työpaikkoja häviää logistiikasta, rutiininomaisesta toimistotyöstä ja tuotannosta. Palvelualoilla työvoimantarve kasvaa, mutta samalla näillä aloilla tietotekniikka ja tekoäly vähentävät ihmistyön tarvetta, kun erilaiset palvelurobotit tulevat voimakkaasti palvelualoille. Tutkijoiden havaintojen mukaan tekoäly polarisoi työmarkkinoita, jossa tekoäly vähentää erityisesti matalan osaamisen ammatteja. Tämä edellyttää uudelleen kouluttautumista ja erityisesti luovien ja sosiaalisten taitojen kehittämistä. (Frey & Osborne, 2013)

Näiden rutiininomaisten matalan osaamisen töiden lisäksi muutos koskee myös korkean koulutustason työntekijöitä, muuttaen heidän työnsä sisältöä. *The Future of Professions*-kirjan kirjoittajien Richard ja Daniel Susskindin mukaan esimerkiksi lakimiesten, lääkäreiden ja opettajien työt ovat muuttumassa. Juridiikassa eri toiminnot voidaan jakaa osiin ja osin automatisoida. Lääketieteellisessä diagnostiikassa tekoäly pystyy analysoimaan suuren määrän lääketieteellisiä tutkimuksia murto-osassa siitä ajasta, joka ihmiseltä kuuluu tehden myös tarkempia diagnooseja. Opetuksessa tekoäly voi ohjata oppilaita yksilöllisesti, jakaa tietoa ja hallita opetusprosesseja. Korkean osaamisen työtehtävissä rutiinien tilalle tulee ongelmien määrittely ja ihmisten kohtaaminen. Tekoälystä tulee työntekijän avustaja, ei korvaaja. (Susskind & Susskind, 2015)

Professori Peter Stone johti Stanfordin yliopiston tekoälyn 100-vuotistutkimuksen hanketta, jossa paneudutaan tekoälyn soveltamiseen mm. liikenteen, terveydenhuollon, koulutuksen ja turvallisuuden sektoreilla. Stonen mukaan tekoäly tulee korvaamaan ihmisen tekemää työtä, mutta samaan aikaan syntyy uusia työpaikkoja, joiden sisältöä ei tässä vaiheessa edes tiedetä. Tekoälyn vaikutukset työhön ovat samoja kuin aikaisemmassa teollisessa kehityksessä: vanhoja työtehtäviä katoaa ja uusia syntyy tilalle. Käytännössä yhteiskuntaan tulee nopeasti pieniä, eritystehtäviin suunniteltuja tekoälysovelluksia ja ohjelmistorobotteja. Uusien ammattien ennakointi on vaikeaa ja sisältää paljon epävarmuuksia. Stonen mukaan tekoälyn kehittäminen tarjoaa lyhyellä aikavälillä paljon taloudellisia mahdollisuuksia. Hän pitää liioiteltuna huolta siitä, että robotit korvaisivat kaikki työt yhden sukupolven aikana. (VNK, 2019)

2.7.2 Työn luonteen muutos

Uudet teknologiat ovat aina muuttaneet tapoja tehdä työtä. Merkittävimpänä työn tekemisen tapoja muovaavana teknologisenä muutoksena voidaan pitää digitaalitekniikassa viime vuosina ja vuosikymmeninä saavutettuja läpimurtoja. Läpimurrot ovat mahdollistaneet erilaisessa muodossa olevan analogisen informaation yhä monipuolisemman muuttamisen digitaaliseen muotoon elektronisten välineiden avulla siten, että informaatiota voidaan käsitellä, varastoida ja siirtää digitaalisten laitteiden ja tietoverkkojen avulla. (Alasoini, 2018)

Digitalisaatio muuttaa tällä hetkellä eniten datavaltaisia aloja, kuten media- ja finanssialoja sekä monia asiantuntijatehtäviä, joissa työn tuloksia välitetään verkon kautta. Digitaalitekniikka muuttaa paljon myös yksinkertaista toistotyötä, joka ei vaadi vuorovaikutusta muiden kanssa. (TTL, 2021) Digitaalitekniikan monista kehitystrendeistä näemme työn muutoksen kannalta tärkeimmiksi koneoppivan tekoälyn, esineiden internetin, lisätyn ja virtuaalisen todellisuuden sekä digitaaliset alustat. (Kokkinen, 2020)

Tieto- ja viestintäteknologian nopea kehittyminen on mahdollistanut hajautetun ja mobiiliin työtavan. Työskentely ei enää välttämättä ole sidoksissa fyysiseen työpaikkaan tai työaikaan. Mobiili työ määritellään fyysisesti liikkuvaksi työksi, jota tehdään myös päätyöpaikan ja kodin ulkopuolella, ja jossa käytetään tieto- ja viestintäteknologiaa työskentelyyn ja yhteydenpitoon. (Ruohomäki & Koivisto, 2007)

Keväällä 2020 Azets Insight Oy:n teettämän kyselytutkimuksen mukaan suomalaiset suhtautuvat työelämän digitalisoitumiseen positiivisesti ja uskovat sen tuovan uudenlaisia mahdollisuuksia työelämään. 60 prosenttia työelämässä olevista kertoo digitalisaation jo vaikuttaneen oman työpaikan toimintaan ja kaksi kolmesta uskoo sen muuttavan omaa työtä myös tulevaisuudessa. Lähes kolme neljästä (74 %) uskoo digitalisaation tuovan uudenlaisia mahdollisuuksia suomalaisille ja yli puolet (59 %) myös näkee, että digitalisaatio edesauttaa uusien innovaatioiden syntymistä omalla alalla. Reilusti yli puolet suomalaisista kertoo, että digitalisaatio on jo vaikuttanut oman työpaikan toimintaan (60 %) sekä omaan toimenkuvaan ja työtehtäviin (55 %). (Azets, 2020)

Keskustelu teknologioiden työllisyysvaikutuksista ja niiden mittaluokasta alkoi Freyn ja Osbornen (2013) artikkelista. Siinä ammatit luokiteltiin sen suhteen, miten todennäköisesti ne ovat automatisoitavissa. Ammatit luokiteltiin korkean, keskitason ja matalan riskin kategorioihin. Tulosten mukaan USA:n työllisyydestä jopa 47 % automatisoidaan 70 %:n todennäköisyydellä 20 vuoden kuluessa. Vastaava analyysi Suomen osalta osoitti automaation uhan kohdistuvan kolmannekseen työllisyydestä. (TEM, 2018)

Digitalisaatio on lisännyt etätyötä, jolla tarkoitetaan joustavaa, vapaaehtoisuuteen ja sovituihin sääntöihin perustuvaa ansiotyötä, jota voidaan tehdä myös varsinaisen työpaikan ulkopuolella. Olennaista etätyölle ovat ajasta ja paikasta riippumattomat työjärjestelyt. Työaika voi olla joko kokonaan etätyötä tai vain osittaista.

Etätö koronaviruksen aikana on osoittanut, ettei Suomessa tarvita enää niin paljon toimistotiloja kuin aiemmin, koska suurimman osan toimistotöistä voi tehdä kotona tai kesämökin terassilla. Valtion omistamia kiinteistöjä hallinnoivan Senaatti-kiinteistöjen mukaan tulevaisuudessa toimistotiloja tarvitaan jopa puolet vähemmän kuin nykyään. Sanaikaisesti yritykset rakentavat ryhmätötiloja, joissa pääosalle työntekijöistä ei ole nimettyä paikkaa ja paikan saisi varauksella ja kun varaus loppuu, joku muu voisi tulla siihen töihin. Työtilat, jotka mahdollistavat yhteisöllisyyden ja yhdessä tekemisen tukevat tätä muutosta. (Laukkanen, 2020)

Yritysten toiminnan laajentuessa ja kansainvälistyessä monilla työpaikoilla työskentelee yhä enemmän liikkuvaa ja monipaikkaista tietotyötä tekeviä eli mobiileja työntekijöitä. Työtä tehdään esimerkiksi liikennevälineissä, hotelleissa, kotona, kesämökillä ja asiakkaiden luona. Etä- ja mobiilityö lisää tarvetta toimivien ja riittävien tietoliikenneyhteyksien rakentamiseen koteihin, vapaa-ajan asuntoihin, julkisiin tiloihin ja liikennevälineisiin. Kehitys johtaa kaksoiskuntalaisuuteen: asutaan jaksoja eri paikkakunnilla ja maksetaan myös kunnallisveroja asumispaikkakunnan mukaan.

2.8 Digitalisaatio kiihdyttää datataloutta

Datapohjainen liiketoiminta voidaan ymmärtää laajasti datan päälle rakennetuksi liiketoiminnaksi, joka voi olla esim. alustaliiketoimintaa tai teolliseen internetiin perustuvaa liiketoimintaa. Olennaista on, että liiketoiminnan ytimessä on datan hyödyntäminen arvon tuottamisessa asiakkaalle tai käyttäjälle. Alustaliiketoiminnassa digitaalinen järjestelmä yhdistää tavaroiden tai palvelujen tuotannon arvoketjun ekosysteemiksi, jonka jäsenet sekä tuottavat että käyttävät yhteisesti kerättyjä tietovarantoja (Watanabe & Ilmola 2018, 5; Moriya, 2019b).

Euroopan datastrategian tavoitteena on tehdä EU:sta esikuva datavetoisille yhteiskunnille. EU haluaa luoda datan sisämarkkinat, joilla data voi liikkua vapaasti eri maiden ja alojen välillä. Tästä hyötyvät niin yritykset, tutkijat kuin julkishallintokin. Kun data on henkilötietoja lukuun ottamatta kaikkien saatavilla, kansalaiset, yritykset ja organisaatiot saavat paremman perustan päätöksilleen. (Euroopan komissio, 2021a)

EU luo datalle sisämarkkinat, joilla:

- Data voi liikkua vapaasti EU:n sisällä ja alojen välillä kaikkien hyödyksi,
- Noudatetaan asianmukaisesti EU:n sääntöjä, erityisesti yksityisyyden suojaa ja tietosuojaa koskevia sääntöjä sekä kilpailulainsäädäntöä,
- Datan saantia ja käyttöä koskevat säännöt ovat oikeudenmukaiset, käytännölliset ja selkeät.

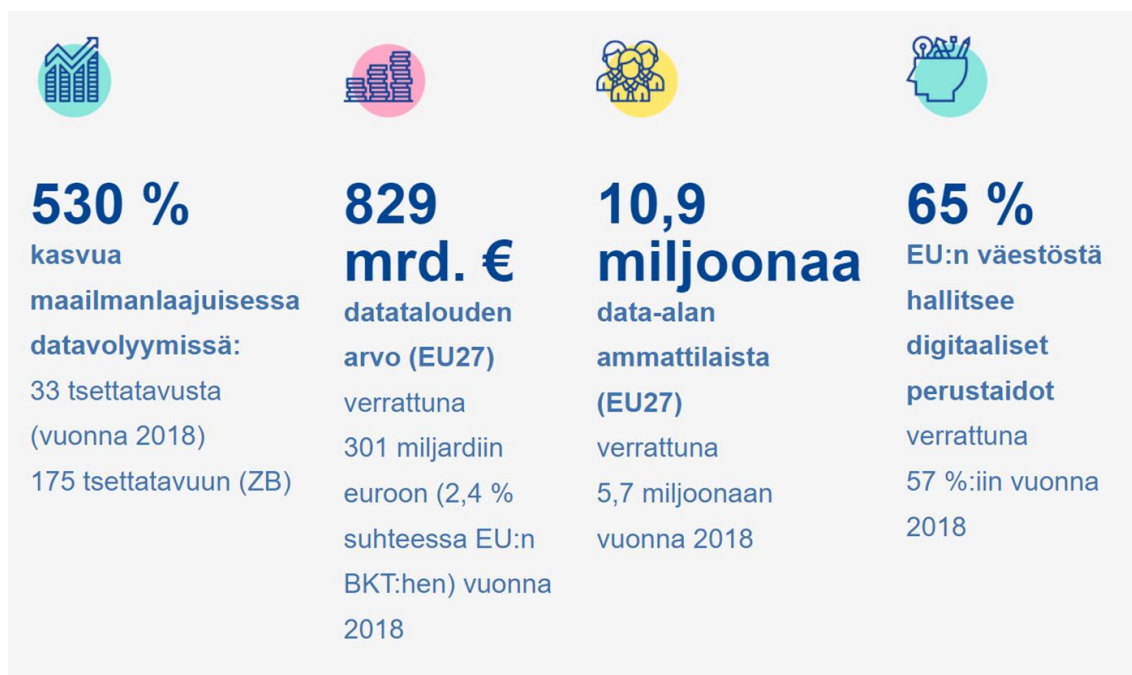
EU:sta tulee houkutteleva, turvallinen ja dynaaminen datatalous,

- jossa on selkeät ja oikeudenmukaiset datan saantia ja uudelleenkäyttöä koskevat säännöt,
- joka investoi datan säilytystä ja käsittelyä koskeviin seuraavan sukupolven välineisiin ja infrastruktuuriin,

- joka luo eurooppalaista pilvikapasiteettia yhdessä,
- jossa kootaan avainaloittain eurooppalaisen datan yhteisiä ja yhteentoimivia data-avaruuksia,
- jossa käyttäjille annetaan oikeudet, välineet ja taidot, joiden avulla data pysyy omassa hallinnassa.

(Euroopan komissio, 2021a)

Oheisessa kuvassa 9 on ennuste vuodelle 2025.



Kuva 9 Datatalous EU:ssa 2025. (Euroopan komissio, 2021a)²

Alustatalous voidaan nähdä uudenlaisena arvonsiirron menettelynä, jossa dataan ja sen hyödynnettävyyteen liittyvää lisäarvoa hallitaan ja muutetaan rahaksi ja jossa kaikki arvo ei siirry rahan vaihdannan mekanismeilla. (TEM, 2021)

Digitaalisia palvelualustoja on kuvattu alaluvussa 5.7.

2.9 Internet on digitalisaation perusinfrastruktuuri

Internet on teknologinen alusta, joka mahdollistaa digitaalisen talouden. Tämä uusi alustatalous mullistaa hallinnon ja yritystoiminnan perinteiset rakenteet. Internet on luonut globaalit aineettomien hyödykkeiden markkinat. Internetin käyttäjiä on nyt noin 4.66 miljardia (59 % maailman väestöstä), ja arvion mukaan 2025 heitä on yli viisi miljardia.

² tsettataavu (ZB) on 10²¹ tavua.

Internet on maailmanlaajuinen toisiinsa kytkettyjen tietoverkkojen järjestelmä, joka käyttää internet-protokollaa (TCP/IP) yhdistämään tietoteknisiä laitetta toisiinsa. Se on tietoverkkojen tietoverkko, joka koostuu eri kokoisista miljoonista yksityisistä, julkisista, akateemisista, liike-elämän sekä valtiohallintojen tietoverkoista, jotka kytkeytyvät toisiinsa erilaisten teknisten laitteistojen avulla (esim. langattomat ja optiset verkkoteknologiat). Internetissä on laaja valikoima erilaisia tietovarantoja ja -palveluita, kuten esimerkiksi web-sivut, sähköposti, puhelinpalvelut, verkkopankki ja tiedostojen jakamiseen käytetyt vertaisverkot.

Suurimmalle osalle internetin käyttäjistä internet on näkyvä palvelu, jota he käyttävät päivittäin. Todellisuudessa internet on monikerroksinen teknologisten ratkaisujen, protokollien, sisällön, laitteiden (engl. hardware) ja ohjelmistojen (engl. software) muodostama ekosysteemi.

Ensimmäinen Internetin kerros on **Surface Web**, Internetin näkyvä osa eli pintaverkko, jota ihmiset käyttävät päivittäin. Se on julkinen ja avoin internetin pintakerros, johon on pääsy kaikilla web-selaimilla kuten Mozilla Firefox, Microsoft Edge tai Google Chrome.

Toinen kerros on **Deep web** eli pinnan alla oleva salatumpi internetin kerros, jonne ei ole pääsyä web-selaimien hakutoiminnoilla ilman erillistä URL- tai IP-osoitetta tai salasanaa. Palveluita voidaan kuitenkin käyttää tavanomaisilla web-selaimilla. Vaikka Deep web ei näy hakukonepalveluissa, siihen kuuluu suuri määrä julkisia ja tavallisilla selaimilla saavutettavia verkkosivuja, esimerkiksi Suomen julkisten kirjastojen virtuaalisten kortistojen sisältö. Samoin tyypillisiä Deep webin osia ovat monet maksumuurein suojatut verkkosivut. Deep webiin kuuluvat myös esimerkiksi sellaiset verkkokeskustelufoorumien alueet, jotka eivät ole lainkaan selattavissa ilman jäseneksi rekisteröitymistä ja sisäänkirjautumista. Deep Web ei käytä yleisimpiä domain-selaimia (TLDs) kuten .com, .gov, tai .edu., jotta hakukoneet eivät löydä reittejä sivustoille. (Vornanen, 2020)

Kolmas internetin kerros on **Dark web**, internetin pimeä osa, jonne päästäkseen on käytettävä erityisiä sovelluksia. Dark webin osia ovat esimerkiksi Tor, I2P ja Freenet. Tor-verkon (engl. The Onion Router, Tor) kehitti Yhdysvaltojen laivasto 1990-luvulla anonyymien yhteydenpidon mahdollistamiseksi verkossa. Se on serverien verkosto, joita pitkin tietopyynnöt kulkevat salaten samalla IP-osoitteet. Tor-selaimen ja Tor-verkon käyttö mahdollistaa pääsyn sellaisille sivustoille, jotka olisi muuten estetty. Tor-verkon käyttö estää sivustojen evästeasetusten tallennuksen ja siten selaushistorian seuraamisen sekä IP:n sijaintihistorian tallennuksen. Dark webissä toimitaan anonyymisti. Pimeä verkko on tullut tunnetuksi rikollisesta toiminnasta mutta tästä huolimatta pimeä verkko ei ole laitton vaan sitä voi periaatteessa hyödyntää kuka vain. (Vornanen, 2020)

Kuva 10 kuvaa internetin kolmea kerrosta ja niiden osuutta koko internetistä.



Kuva 10 Internetin kolme kerrosta. (CISO Platform)

Yleisellä tasolla web tarjoaa kanavan tiedonhankintaan ja sosiaaliseen kanssakäymiseen. Tähän tietosisältöjen esittämiseen liittyy monia ulottuvuuksia kuten tiedon avoimuus (engl. Open Data), tiedon yhteisöllinen tuotanto (Web 2.0), tiedon määrä (engl. Big Data), tieto palveluina (engl. Web Services), ja tiedon verkko (engl. Semantic Web). (Hyvönen, 2018)

World Wide Web Consortiumin (W3C) mukaan "semanttinen web tarjoaa yleisen kehäympäristön, joka mahdollistaa datan jakamisen ja uudelleenkäyttämisen yli sovellus-, yritys- ja yhteisörajojen.

Semanttisessa webissä tietosisällöt esitellään tavalla, jonka tietokoneet ymmärtävät. Tämä mahdollistaa älykkäiden sovellusten kehittämisen laskennallisen logiikan avulla. Perinteinen WWW yhdistää web-sivuja ja dokumentteja hypertekstilinkkien avulla verkoksi, niin semanttinen web yhdistää toisiinsa käsitteitä ja tietoja näiden välisten suhteiden kautta. Tällainen verkkomuoto on joustava tapa esittää tietoja ja yhdistää niitä laajemmiksi kokonaisuuksiksi. (Hyvönen, 2018)

Lähteet

Alasoini Tuomo. 2015. Digitalisaatio Muuttaa Työtä - Millaista Työelämää Uudistavaa Innovaatiopolitiikkaa Tarvitaan? Työpoliittinen Aikakausikirja 2/2015. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki.

Alasoini Tuomo. 2018. Digitalisaatiolla työn uudelleenjatteluun, Työterveyslaitos

- Azets. 2020. Koronakriisi sen todistaa: Työelämän digitalisoituminen ei pelota suomalaisia. Lehdistötiedote 14.4.2020. <https://www.mynewsdesk.com/fi/azets/pressreleases/koronakriisi-sen-todistaa-tyoelaemaen-digitalisoituminen-ei-pelota-suomalaisia-2990280>
- Diamandis Peter. 2015. The World in 2025: 8 Predictions for the Next 10 Years, May 11, 2015.
- EPressi. 2021. Mepit: datataloudesta talouskasvua ja uusia työpaikkoja, tiedote 25.3.2021. <https://www.epressi.com/tiedotteet/politiikka/mepit-datataloudesta-talouskasvua-ja-uusia-tyopaikkoja.html>
- Euroopan komissio. 2019. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/1024, annettu 20 päivänä kesäkuuta 2019, avoimesta datasta ja julkisen sektorin hallussa olevien tietojen uudelleenkäytöstä.
- Euroopan komissio. 2020a. Tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan Talous- ja Sosiaalikomitealle ja Alueiden Komitealle, Bryssel 19.2.2020, COM(2020) 66 final (“Datastrategia”).
- Euroopan komissio. 2020b. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset digitaalisten palveluiden sisämarkkinoista (digipalvelusäädös) ja direktiivin 2000/31/EY muuttamisesta, COM(2020)825 final, Bryssel 15.12.2020
- Euroopan komissio. 2021a. Euroopan datastrategia. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_fi
- Euroopan komissio. 2021b. Euroopan digitaalinen vuosikymmen: digitaaliset tavoitteet vuodelle 2030. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_fi
- Eurooppa-neuvosto. 2021. Euroopan digitaalinen tulevaisuus. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/a-digital-future-for-europe/>
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. 2013. The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?, September 17, 2013.
- Fujitsu. 2016. How Digital Technology Will Transform the World. Fujitsu Journal. Saatavilla 9.6.2017 <http://journal.jp.fujitsu.com/en/2016/01/12/01>
- Gartner. 2017. Internet of Things. Gartner Inc:in internetsivusto. Saatavilla: 12.6.2017 <http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things>
- Halenius Laura, Suokas Jyrki, Parikka Heli, Hämäläinen Hannu, 2018. Datatalous suomalaista kilpailukykyä rakentamassa, Sitran raportti, 12.6.2018
- Hyvönen Eero. 2018. Semanttinen web – linkitetyn avoimen datan käsikirja, Gaudeamus.
- Hänninen Riitta, Karhinen Joonas, Korpela Viivi, Pajula Laura, Pihlajamaa Olli, Merisalo Maria, Kuusisto Olli, Taipale Sakari, Kääriäinen Jukka, Wilska Terhi-Anna. 2021. Digiosallisuuden käsite ja keskeiset osa-alueet. Digiosallisuus Suomessa -hankkeen väliraportti. Valtioneuvoston selvitys - ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:2 [VNTEAS 2021:25 \(valtioneuvosto.fi\)](https://valtioneuvosto.fi/VNTEAS-2021-25)
- Jakobsson Oona & Kokkinen Salli. 2019. Johtamisen ja johtajuuden digitalisaatio – kohti virtuaalista johtajuutta? Jyväskylän yliopisto, Kauppakorkeakoulu, pro gradu, 10.6.2019
- Juhanko, J., Jurvansuu, M., Ahlqvist, T., Ailisto, H., Alahuhta, P., Collin, J., Heikkilä, H., M., Kortelainen, T., Mäntylä, H., Seppälä, M., Sallinen, T., Simons, M. & Tuominen,

- A. 2015. Suomalainen Teollinen Internet – Haasteesta Mahdollisuudeksi: Taustoitava Kooste. ETLA Raportit No 42. Haettu 5.7.2017. <http://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-42.pdf>
- Kokkinen Lauri (toim.). 2020. Hyvinvointia työstä 2030-luvulla - Skenaarioita suomalaisen työelämän kehityksestä, Työterveyslaitos
- Laukkanen Henna. 2020. Moni organisaatio pohtii toimitilojen pienentämistä ja muuttamista jo tänä syksynä – jatkossa yhä harvempi tekee töitä omalla työpisteellään, YLE blogi, 18.9.2020
- Lehto Martti. 2018. Lausunto eduskunnan tulevaisuusvaliokunnalle ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi digitaalinen Eurooppa –ohjelman perustamisesta vuosiksi 2021–2027, 2.10.2018.
- Lehto M., Neittaanmäki P. 2016. Digitalisaatio muuttaa yhteiskunnan ja yksilöiden tapaa toimia, Tiedepolitiikka 1/2016, s. 56–64
- LVM. 2011. Tuottava ja uudistuva Suomi. Digitaalinen agenda vuosille 2011–2020.
- Moriya K., Tou Y., Watanabe C., and Neittaanmäki P. 2019a. Co-evolutionary Coupling between Captured and Uncaptured GDP Cycles: Cross Learning from Amazon and Finland Models for Sustainability. *International Journal of Managing Information Technology* 11, No. 2 (2019) 33-54.
- Moriya K., Tou Y., Watanabe C., and Neittaanmäki P. 2019b. Towards Overcoming the Limitation of GDP in the Digital Economy: Lessons from the UK's Endeavor and Other Recent Studies. *Open Journal of Economies and Finance* 31 (2019) 1-10.
- Ruohomäki Virpi & Koivisto Satu. 2007. Hajautettu ja mobiili työ henkilöstön arjessa: tapaustutkimus kolmessa yrityksessä, Työelämän tutkimus – Arbetslivsforskning 1/2007.
- Susskind R. & Susskind D. 2015. The Future of the Professions: How Technology Will Transform the Work of Human Experts, 22. October 2015.
- Swanson Ana. 2015. What people in 1900 thought the year 2000 would look like, *The Washington Post*, Oct. 4, 2015.
- TEM. 2018. Tekoälyajan työ - Neljä näkökulmaa talouteen, työllisyyteen, osaamiseen ja etiikkaan, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, 19/2018.
- TEM. 2020. Tekoäly 4.0 -ohjelma, Ensimmäinen väliraportti: käynnistysvaiheesta toteutusvaiheeseen, TEM julkaisuja, 2020:29.
- TEM. 2021. Datapohjaisen arvonluonnin strategiset vaihtoehdot, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:3. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162669/TEM_2021_3.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Tou Y., Watanabe C., Moriya K., Naveed N., Varpilat V. and Neittaanmäki P. 2019. The Transformation of R&D into Neo Open Innovation: A New Concept in R&D Endeavor Triggered by Amazon. *Technology in Society* 58 (2019).
- Tou Y., Watanabe C., and Neittaanmäki P. 2020. Fusion of Technology Management and Financing Management: Amazon's Transformative Endeavor by Orchestrating Techno-financing Systems. *Technology in Society* 60 (2020).
- TTL. 2021. Tulevaisuuden työ ja digitalisaatio. <https://www.ttl.fi/euosha/awareness-raising-aihealue-2/>
- VM. 2021. Digitalisaation edistämisen ohjelma. <https://vm.fi/digitalisaation-edistamisen-ohjelma>
- VM. 2020. Digitalisaation edistämisen ohjelma alkaa – julkiset palvelut digitaalisesti saataville vuoteen 2023 mennessä, tiedote, 26.2.2020.

- VNK. 2017. Tekoäly muovaa yhteiskuntaa. http://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/aset_publisher/10616/tekoaly-muuttaa-yhteiskuntaa-sipila-suomella-edellytykset-olla-maailman-ykkonen
- Vornanen Tiina. 2020. Darknet ja kyberrikollisuus, TSAS7041-kurssin julkaisematon kurssiraportti
- Vuorinen P. 2014. Läpidigitalisoitunut Maailma. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki.
- Vänskä Riitta ja Härkönen Tiina. 2020. Henkilödatan jäljillä - Yksilöstä kertyvän tiedon kulku ja käyttö digitaalisissa palveluissa, Sitran selvityksiä 168.
- Watanabe C., Akhtar W., Tou Y. and Neittaanmäki P. 2020. Fashion-driven Textiles as a Crystal of a New Stream for Stakeholder Capitalism: Amazon's Endeavor. *International Journal of Managing Information Technology* 12, No. 2 (2020) 19-42.
- Watanabe C., Akhtar W., Tou Y. and Neittaanmäki P. 2021a. Amazon's Initiative Transforming a Non-Contact Society: Digital Disruption Leads the Way to Stakeholder Capitalization. *Technology in Society* 65 (2021).
- Watanabe C. and Ilmola L. 2018. Digitalization of Global Economy and Public Sector Funding, *Reports on Scientific Computing and Optimization* 1/2018, <https://www.jyu.fi/it/en/research/publications/reports-on-scientific-computing-and-optimization/reports/digitalization-of-global-economy-and-public-sector-funding-report1.pdf>
- Watanabe C., Moriya K., Tou Y. and Neittaanmäki P. 2018. Structural Sources of a Productivity Decline in the Digital Economy, *International Journal of Managing Information Technology* 10, No. 1 (2018) 1-20.
- Watanabe C., Naveed K, and Zhao W. 2015. New Paradigm of ICT Productivity: Increasing Role of Un-captured GDP and Growing Anger of Consumers, *Technology in Society* 41 (2015) 21-44.
- Watanabe C., Tou Y., Neittaanmäki P. 2018. A New Paradox of the Digital Economy: Structural Sources of the Limitation of GDP Statistics, *Technology in Society* 55 (2018) 9-33.
- Watanabe C., Tou Y., Neittaanmäki P. 2020. Institutional Systems Inducing R&D in Amazon: The Role of an Investor Surplus Toward Stakeholder Capitalization. *Technology in Society* 63 (2020).
- Watanabe C., Tou Y., Neittaanmäki P. 2021b. Transforming the Socio Economy with Digital Innovation, Elsevier, forthcoming.
- Wilska, T-A. 2018. Median muovaamat sukupolvet. [Generations shaped by the media]. In: Willman, V. (ed.) *Mediakasvatuksen käsikirja [Handbook of media education]*. Tallinna: Unipress.
- Wilska, T-A, Kuoppamäki, S-M (eds.). 2017. *Varttuneet kuluttajat, digitalisoituva arki ja kulutusympäristöjen muutos: Digi 50+ -hankkeen loppuraportti. [Mature Consumers digitalising everyday life and the change in consumer environments: the final report of the DIGI50 + project]*. Publications of the Jyväskylä School of Business and Economics. Jyväskylä.
- Wilska, T-A, Kuoppamäki, S-M. 2018. Necessities to all? The importance of ICT to the middle-aged and the elderly. In: Taipale, S., Wilska, T-A & Gilleard, C. (eds.) (2016/2017). *Digital Technologies and Generational Identity: ICT Usage Across the Life Course*. London: Routledge.

3 DIGITALISAATION JA TEKNOLOGIAN KEHITYSTRENDEJÄ

“A computer on every desk and in every home.”

– Bill Gates, Microsoft chairman and chief executive officer, 1980.

3.1 Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisut

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan johdolla on tehty kaksi raporttia, joissa käsitellään teknologioiden kehittymistä ja mahdollisuuksia Suomen näkökulmasta.

Risto Linturi ja Osmo Kuusi (2018) ovat tehneet raportissaan arvioita siitä, minkälaisia seurauksia, hyötyjä ja haittoja teknologiakehityksen mahdollistamalla transformaatiolla voi olla. Tulevaisuusvaliokunnan tehtävänä on puolestaan arvioida poliittisesti näitä erilaisia positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia. Arvioita radikaalien teknologioiden yhteiskunnallisista vaikutuksista tehdään myös raportin jatkotutkimushankkeissa.

Tässä raportissa määriteltiin TOP 24 teknologiakoria ennakoidun geneerisen vaikuttavuuden mukaan. Nämä geneeriset teknologiat ovat radikaaleja yksittäisiä teknologiakoreja, joilla on suurin potentiaali muuttaa maailmaa jo nyt ja lähitulevaisuudessa. Oheisessa luettelossa on esitetty teknologiakorit vaikuttavuuden mukaisessa järjestyksessä:

1. Neuroverkot ja syväoppiminen
2. Tekoälyn tekemä globaali työ
3. Robottiauto henkilö- ja tavaraliikenteessä
4. Materiaalitutka – hyperspektrikamera
5. Laskentatehon radikaali kasvu
6. Ubiikki ympäristö ja tavaroiden internet
7. Kasvojen ja emootioiden tunnistus sekä projisointi
8. Puheentunnistus, puhesynteesi ja tulkkaukset
9. Assosiatiiiviset muistit ja hermoverkkoprosessorit
10. Kaupallisen alustatyön välittäminen
11. Ajatusten luku ja muokkaus suoraan aivoista
12. Verbot/chatbot - keskustelevat ja kirjalliset robotit
13. Älylasit, AR-lasit ja laajennettu todellisuus
14. M2M-kauppa ja muu verkkokauppa
15. Aurinkosähkön nopea kehitys
16. Kuluttajahintaiset kehon analysointilaitteet
17. Fyysinen etiäistyö ja tekoälyn johtama työ
18. Kuvantaminen ja paikannus
19. Ympäristön reaaliaikainen 3D-hahmotus
20. Hahmontunnistusalustat ja muut AI-alustat
21. Globaali langaton laajakaista
22. Tavaroiden 3D-tulostus

- 23. Älylasit, AR-lasit ja laajennettu todellisuus
- 24. Uudet robotisoidut palvelut

Vuoden 2018 raportti myös tuotti arvion teknologioista, jotka eivät ole em. listan kärjessä, mutta joihin liittyvät odotukset kasvavat tällä hetkellä nopeimmin. Oheisessa luettelossa on esitetty TOP 24 teknologiakoria niiden kehitysnopeuden mukaan:

1. P2P-luottamusratkaisut, lohkoketju
2. MyData & GDPR
3. Biotekninen liha ja lihaimitaatiot
4. Tekoälyn tekemä globaali työ
5. Pienet hiukkaskiihdyttimet, femto- ja nanolaserit
6. Neuroverkot ja syväoppiminen
7. LED-viljely, kaupunkiviljely, robottiviljely
8. Verbot/chatbot - keskustelevat ja kirjalliset robotit
9. AR&VR-alustat ja sisältöstandardit
10. Uudet erotustekniikat ja kiertotalous
11. Halpa pieni polttokenno ja mikroturbiini-CHP
12. Radikaali vesiliikenne
13. Hyperloop ja muu tunnelitekniikka
14. Solun metabolia, mikrobiome ja genetiikka
15. Kvanttitietokoneet ja kvanttikommunikaatio
16. Kulkuneuvojen uudet voimanlähteet
17. Itseorganisoituvuus ja parviäly
18. Uudet tavarain/aineen manipulointitavat
19. Globaali langaton laajakaista
20. Perimän editointitekniikat, CRISPR/Cas9
21. Vedyn edullinen säilytys
22. Elinten ja biomateriaalien 3D-tulostus
23. Nopeat ja tiheät muistimateriaalit
24. Puheentunnistus, puhesynteesi ja tulkkaus

Risto Linturin (2020) raportissa arvioidaan teknologian mahdollisuuksia ja uhkia kestävä kehityksen edistämiseksi. Tämä raportti lähestyy kestävä kehitystä nimenomaan radikaalien teknologioiden uudistavan potentiaalin kautta. Tämä raportti kurottaa siihen maailmaan, millainen se voisi olla, jos nyt idullaan olevien radikaalien teknologisten mahdollisuuksien toisiinsa kytkeytyminen mahdollistettaisiin kestävyttä mahdollisimman hyvin tukevalla tavalla. Alla oleva luettelo esittelee jokaisen teknologiamurroksen osalta sen, mihin suuntaan tarpeentyydytyksen ennakoitua etenevän yhteiskunnan eri osa-alueilla. Luettelon listaus kertoo monipuolisimman potentiaalin siirtyä kestävä kehityksen suuntaan uusien teknologioiden mahdollisuuksiin nojautuen:

1. Osaaminen ja sen näyttö: kohti tekoälyn varmentamaa itsenäistä oppimista
2. Energia: kohti halpaa aurinkoenergiaa ja hajautettuja energiavarastoja
3. Havainnot ja tietäminen: kohti itse mitattua ja joukkoistettua tekoälytietoa
4. Ravinto: kohti elintarvikeomavaraisia kaupunkeja ja yksilöllistä ruokaa
5. Työn korvaus koneilla: kohti työn robotisointia ja palvelevaa tekoälyä

6. Henkilöliikenne: kohti autonomista sähköistä liikennettä palveluna
7. Turvallisuus: kohti yksilöllistä ja joukkoistettua turvallisuutta
8. Etävaikuttaminen: kohti etäläsnäoloa ja virtuaalisia kohtaamispaikkoja
9. Tarkoituksellisuus: kohti tekojen ja yhteisötyön suoraa palkitsevuutta
10. Tavaroiden valmistus: kohti joustavaa ja yksilöllistä lähituotantoa
11. Vaihdanta: kohti etäkauppaa ja digitalisoituja transaktioalustoja
12. Terveys: kohti ennakkoivaa terveyttä ja pelillistä itsediagnostiikkaa
13. Materiaalit: kohti uusiutuvia materiaaleja ja kiertotaloutta
14. Yhteistyökyky: kohti talkoita ja kansainvälisiä luottamusalustoja
15. Rakennettu ympäristö: kohti kaupunkia autonomisena asumiskoneena
16. Valtarakenteet: kohti vaikutusten mukaan osallistavaa päätöksentekoa
17. Tavaraliikenne: kohti robotisoitua yksilöllistä kuljetusta ja kuormausta
18. Työ ja ansainta: kohti omavaraisuutta, jakamista ja mikroyrittäjyyttä
19. Toimintakyvyn avusteet: kohti vajavaisen ihmisen teknisiä avusteita
20. Elämykset: kohti robotisoituja ja virtuaalisia, osallistavia elämyksiä

Monilla teknologioilla on erityisen suuri kestävyyspotentiaali. Raportissa on esitetty seuraava joukko radikaaleja teknologioita, jotka kukin kytkeytyvät erityisen moniin YK:n Agenda 2030 -tavoitteisiin (YK, 2015) ja toimivat siten kestävämmän tulevaisuuden rakennuspalikoina:

- Energiavarastot ja sähköistyminen
- Tekoäly ja digitaaliset kaksoset
- Autonomisesti liikkuvat robotit
- 3D-tulostus ja älykäs robotiikka
- Sisäviljely ja keinoliha
- Aurinkoenergia ja aurinkopolttoaineet
- Vihreät teolliset raaka-aineet
- VR&AR-todellisuus ja etäläsnäolo
- Henkilökohtaiset mittalaitteet
- Tietokoneavusteinen oppiminen
- Transaktioiden digitalisaatio
- Alustat, joukkoistus ja jakamistalous

Tulevaisuusvaliokunnan mukaan teknologiat voidaan perustellusti liittää ihmisten globaalin hyvinvoinnin kannalta positiiviseen kehitykseen. Niitä voidaan ja tulee käyttää vähentämään ihmistoiminnan luonnolle aiheuttamaa painetta samalla kun etsitään ei-teknologisin keinoin tasapainoa ekologisen kestävyuden ja ihmiskunnan koon välille.

3.2 Sitran Megatrendit 2020

Sitran Megatrendit 2020 tunnistaa viisi tulevaisuuden megatrendiä. Megatrendit luovat kokonaiskuvan Suomen kannalta merkittävistä yhteiskunnallisista muutoksista:

1. Ekologisella jälleenrakennuksella on kiire
 - Ilmastonmuutos, luonnon monimuotoisuuden väheneminen ja muut ympäristöhaasteet ovat erityisesti yhteisen toiminnan ongelmia – miten saamme yhdessä tehtyä reilun siirtymän kestävämpään yhteiskuntaan.
2. Väestö ikääntyy ja monimuotoistuu
 - Väestörakenne muuttuu pidentyneiden elinikien ja alhaisen syntyvyyden takia. Paine maahanmuuttoon lisääntyy globaalisti, minkä vaikutukset näkyvät Suomessakin
3. Verkostomainen valta voimistuu
 - Tulevaisuudessa merkitystä on yhä enemmän verkostoilla ja vuorovaikutuksella. Informaatiovaikuttaminen vahvistuu.
4. Teknologia sulautuu kaikkeen
 - Teknologia kehittyy nopeasti ja uudet sovellukset otetaan ripeästi käyttöön. Teknologia vaikuttaa toimintatapoihin, yhteiskunnan rakenteisiin ja ihmisten arkipäivään. Se kietoutuu yhä tiukemmin osaksi geopolitiikkaa ja voi lisätä eriarvoistumista.
5. Talousjärjestelmä etsii suuntaansa
 - Talouteen kohdistuu yhä voimakkaampia muutospaineita johtuen erityisesti eriarvoisuuden kasvusta ja ekologisesta kestävyyskriisistä.

(Sitra, 2020)

Ennakoinnissa ei painoteta kovin paljon tulevaisuutta koskevaa tietoa ja sen välittämistä, vaan yhä keskeisemmäksi on tullut eri toimijoiden kyky hyödyntää ja tulkita tietoa tulevaisuuden mahdollisista kehityssuunnista.

Sitran Megatrendit 2020 on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11 Sitran Megatrendit 2020. (Sitra, 2020)

3.3 Gartner Top Strategic Technology Trends for 2021

Gartner julkaisi lokakuussa 2020 teknologiatrendit vuodelle 2021. Trendit jakautuvat kolmeen teemaan: Ihmislähtöisyys, sijaintiriippumattomuus ja joustava toimitus:

Ihmislähtöisyys: Vaikka covid-pandemia muutti työpaikalla työskentelevien ihmisten määrää ja vuorovaikutusta organisaation työnjohdon kanssa, ihmiset ovat edelleen kaiken liiketoiminnan keskipisteessä. He tarvitsevat digitalisoituja prosesseja toimiakseen nykypäivän työympäristössä paikalla ollen tai etänä.

Sijaintiriippumattomuus: COVID-19 on muuttanut työntekijöiden, asiakkaiden, toimitajien ja organisaatioekosysteemien fyysistä toimintaympäristöä. Sijaintiriippumattomuus edellyttää teknologian kehittämistä tämän uuden liiketoimintatavan tukemiseksi ottaen huomioon em. ihmislähtöisyys.

Resilientti tuotanto- ja toimitusketju: Huolimatta pandemiasta tai taloudellisesta taantumasta, maailmassa on aina epävakautta. Organisaatiot, jotka ovat valmiita muuttamaan ja sopeutumaan, ovat valmiimpia selviytymään kaikenlaisista häiriöistä. (Gartner, 2020)

Nämä yhdeksän strategista teknologiatrendiä eivät toimi toisistaan riippumatta, vaan rakentuvat ja vahvistavat toisiaan. Näiden trendien kattava teema on innovaatioiden kombinaatio. Yhdessä ne mahdollistavat organisaation joustavuuden, joka auttaa organisaatioita seuraavien 5–10 vuoden aikana:

Trendi 1: Käyttäytymisen Internet

Käyttäytymisen Internetin (engl. Internet of Behaviors, IoB) tarkoituksena on kerätä tietoja asiakkaiden käyttäytymisestä eri palveluympäristöissä. Ihmisten päivittäisen elämän digitaaliseen ja fyysiseen maailmaan ulottuvan datan keräämisen tekniikoiden lisääntyessä saatua tietoa voidaan käyttää ihmisten käyttäytymisen analysointiin ja edelleen tuotteiden ja palveluiden parantamiseen.

IoB voi kerätä, yhdistää ja käsitellä tietoja monista lähteistä kuten kaupalliset asiakastiedot; julkisen sektorin ja valtion virastojen käsittelemät kansalaisten tiedot, sosiaalisessa mediassa olevat tiedot, kasvojentunnistuksella kerätyt tiedot ja asiakkaan sijainnin seuranta. Tätä dataa käsittelevän tekniikan lisääntynyt kehittyneisyys on mahdollistanut tämän trendin kasvun.

Trendi 2: Kokonaiskokemus

Kokonaiskokemus (engl. Total experience) yhdistää monikokemuksen, asiakaskokemuksen, työntekijäkokemuksen ja käyttökokemuksen, joiden avulla voidaan kehittää ja muuttaa liiketoimintaa. Tavoitteena on parantaa kokonaiskokemusta, jossa kaikki nämä osa-alueet kohtaavat – teknologia, työntekijät, asiakkaat, käyttäjät.

Trendi 3: Yksityisyyttä parantava tietojenkäsittely

Henkilön tietosuojaa parantavassa tietojenkäsittelyssä (engl. Privacy-enhancing computation) on kolme tekniikkaa, jotka suojaavat tietoja niiden käytön aikana. Ensimmäinen tarjoaa luotettavan ympäristön, jossa arkaluontoisia tietoja voidaan käsitellä tai analysoida. Toinen toteuttaa prosessointia ja analytiikkaa hajautetusti. Kolmas salaa tiedot ja algoritmit ennen niiden käsittelyä tai analysointia. Tämä trendi antaa organisaatioille mahdollisuuden tehdä tutkimusta turvallisesti ja myös kilpailijoiden kanssa luottamuksellisuudesta tinkimättä.

Trendi 4: Hajautettu pilvi

Hajautetussa pilvipalvelussa (engl. Distributed cloud) palveluja jaetaan eri fyysisiin paikkoihin, mutta niiden käyttö, hallinta ja kehitys ovat edelleen julkisen pilvipalvelun tarjoajan vastuulla. Tämä konsepti vähentää viiveitä tiedonkäsittelyssä, datakustannuksia ja auttaa soveltamaan tietosuojaan liittyviä lakeja, jotka mm. määräävät datan säilyttämisestä tietyllä maantieteellisellä alueella. Tämä tarkoittaa myös sitä, että organisaatiot hyötyvät edelleen julkisesta pilvestä eivätkä hallinnoi omaa yksityistä pilveään, mikä voi olla kallista ja monimutkaista.

Trendi 5: Paikkariippumaton toiminta

Paikkariippumaton toimintamalli (engl. Anywhere operations) antaa mahdollisuuden toteuttaa liiketoimintaa missä tahansa, missä asiakkaat, työnantajat ja liikekumppanit toimivat. Mallissa digitaalisuus ja etätoiminta yhdistetään vuorovaikutteiseksi kokonaisuudeksi.

Trendi 6: Kyberturvallisuusverkko

Kyberturvallisuusverkko (engl. Cybersecurity mesh) perustuu hajautetun arkkitehtuurin mahdollistamaan skaalautuvaan, joustavaan ja luotettavaan kyberturvallisuuden hallintaan. Monet yrityksen tärkeistä tiedoista (engl. assets) ovat perinteisen suojatun turva-alueen ulkopuolella. Kyberturvallisuusverkko mahdollistaa turvallisuuskehikon määrittämisen henkilön tai asian identiteetin ympärille. Se mahdollistaa modulaarisen ja reagoivamman lähestymistavan kyberturvallisuuteen keskittämällä käytäntöjen johtamista ja jakamalla käytäntöjen täytäntöönpanoa.

Trendi 7: Älykäs yhdisteltävä liiketoiminta

Älykäs yhdisteltävä liiketoiminta (engl. Intelligent composable business) tarkoittaa, että yritys voi sopeutua ja asemoida itsensä uudelleen nykyisen tilanteen perusteella. Kun organisaatiot nopeuttavat digitaalista liiketoimintastrategiaansa nopeuttaakseen digitaalista muutosta, niiden on oltava ketteriä ja tehtävä nopeita liiketoimintapäätöksiä kullakin hetkellä saatavilla olevan tiedon perusteella. Tehdäkseen tämän onnistuneesti, organisaatioiden on mahdollistettava tietojen parempi saatavuus, lisättävä näkyvyyttä informaatioon ja parannettava kyvykkyyttä reagoida nopeasti saatuihin näkemyksiin.

Trendi 8: Tekoälytekniikka

Robustisen tekoälytekniikan käyttö (engl. AI engineering) helpottaa tekoälymallien suorituskykyä, skaalautuvuutta, tulkittavuutta ja luotettavuutta ja tuottaa tekoälyinvestoinneille täyden hyödyn. Tekoälytekniikka tekee tekoälystä osan DevOps-prosessia³ pikemminkin kuin joukon erikoistuneita ja eristettyjä projekteja. Tällä konseptilla voidaan tarjota selkeämpi ja tehokkaampi polku käytettäessä erilaisia tekoälytekniikoiden yhdistelmiä. Tekoälyn vastuulliseen käyttöön on enenevässä määrin liitetty luottamus, avoimuus, etiikka, oikeudenmukaisuus, tulkittavuus ja vaatimuksenmukaisuus. Tulevaisuudessa tarvitaan tekoälyn vastuullista operatiivista käyttöä.

Trendi 9: Hyperautomaatio

Hyperautomaatio (engl. Hyperautomation) on ajatus siitä, että kaikki, mikä organisaatiossa voidaan automatisoida, tulisi olla automatisoitu. Hyperautomaation driverina on tietoisuus siitä, että vanhoja liiketoimintaprosesseja omaavilla organisaatioilla toiminta on kallista ja usein tehotonta. Monilla organisaatioilla on käytössä hajallaan oleva tekniikkakirjo, joka ei ole optimoitu, yhteentoimiva, selkeä tai tarkoituksen mukainen. Samaa aikaan digitaalisen liiketoiminnan kiihtyminen vaatii tehokkuutta, nopeutta ja demokratsioitumista.

(Gartner, 2020)

³ DevOps on digitaalisten palveluiden kehitys- ja tuotantomalli, jonka periaatteita ovat ketterä kehitys, jatkuva integraatio (engl. continuous integration) ja jatkuva toimitus (engl. continuous delivery). Lisäksi keskeistä on automatisoitu testaaminen ja ympäristöjen automatisoitu konfiguraatio.

Kuvassa 12 on esitetty Gartnerin strategisen tason teknologiatrendit vuodelle 2021.



Kuva 12 Gartnerin strategiset teknologia trendit 2021. (Gartner, 2020)

3.4 Global Mega Trends 2030

Frost & Sullivan (2020) esittävät omassa megatrendiarviossaan viisi erityistä tulevaisuuskuva:

1. Heterogeeninen tulevaisuus
 - Vuoteen 2025 mennessä yksi kymmenestä ihmisestä länsimaissa on yli 65-vuotias, kun taas alle 30-vuotiaiden määrä kasvaa joissakin maissa, kuten Intiassa.
2. Teratavujen maailma
 - Teratavutason älypuhelimissa ja -laitteissa on uuden sukupolven tallennuspiirejä, jotka voivat käsitellä valtavia määriä dataa sekä käyttää 5G- ja tekoälypalveluita.
3. Hyperpaikannus

- Yli 10 000 pientä satelliittia laukaistaan vuoteen 2030 mennessä, jolloin tarkka paikantaminen (engl. geofencing) luo aivan uusia liiketoimintamahdollisuuksia.
- 4. Tietoliikenteen nolla latensi / nolla puskurointi
 - 5G:n, reunalaskentaa, tekoälyä ja kvanttilaskentaa yhdistävien teknologioiden avulla VR/AR-palveluissa siirrytään aivan uusille tasoille.
- 5. Transhumanismi
 - Ihmiskunta on siirtymässä teknologiavetoiseen evoluutioon ennen näkemättömällä muutosnopeudella, luoden eettisiä kysymyksiä ihmisyydestä.

3.5 Forbes Digital Transformation Trends for 2021

Daniel Newman (2020) on julkaissut Forbesissa 10 parasta digitaalisen muutoksen trendiä vuodelle 2021.

Kukaan ei olisi voinut ennustaa, mihin vuosi 2020 meidät vie. Pandemian aikana digitaalinen murros on vahvistunut ja digitalisaatio kiihtynyt. Jo kauan otsikoissa olleet tekoäly ja data-analytiikka ovat saaneet rinnalleen uusia digitalisaatoratkaisuja sekä teknologioita että palveluita.

1. 5G:stä valtavirtaa
 - etätyöstä, videoneuvottelut ja digitaalinen yhteistyö ovat asettaneet vaatimuksia entistä tehokkaammista tiedonsiirtoyhteyksistä. Teollisuus 4.0 ja teollinen IoT -maailma reunalaskentoinen lisäävät myös tarvetta tiedonsiirtokapasiteetin kasvattamiselle
2. Asiakastietoalustat (engl. Customer Data Platforms, CDP)
 - nykyisin asiakastieto on hajallaan. CDP auttaa ratkaisemaan tämän ongelman keräämällä tietoja kaikista käytettävissä olevista lähteistä, järjestämällä ne, merkitsemällä ne ja tekemällä ne helppo käyttöiseksi kaikille tarvitsijoille.
3. Hybridipalvelut yleistyvät yritysmaailmassa
 - hybridi-pilvistrategiat auttavat organisaatioita löytämään kustannustehokkaan tasapainon tarvittaviin pilvi-infrastruktuuritarpeisiinsa
4. Kyberturvallisuuden merkitys kasvaa post-covid -maailmassa
 - hakkerit ovat hyödyntäneet koronaviruspandemiaa laajentaakseen yrityksiin kohdistuvia hyökkäyskampanjoita maailmanlaajuisesti. Pelkästään tammikuusta huhtikuuhun 2020 pankkien hyökkäykset lisääntyivät 238 % ja pilvipalvelimien hyökkäykset lisääntyivät 600 %.
5. Yksityisyyden suojaan liittyvät teknologiat kehittyvät
 - kyberturvallisuuden parantaminen viestinnässä lisää tarvetta luottamukselliselle tietojenkäsittelylle. Sen tarkoituksena on salata koko tietojenkäsittelyprosessi, ei pelkästään tiedot, vaan luoden lisää suojaustasoja arkaluontoisten tietojen ympärille.
6. Langattomat vuorovaikutteiset teknologiat lisääntyvät

- kehittyvät "Headless Tech" teknologiat tarkoittavat sitä, että yritykset pystyvät erottamaan käyttöliittymäkerroksen taustadatasta asiakasinformaatiota ja luomaan mukautettuja ostokokemuksia. Tämä ilmenee ihmisten käyttäessä sosiaalista mediaa ja verkkokauppaa.
- 7. Digitaalinen etätyö jää elämään
 - työntekijät ovat vaatineet lisääntyneitä työn joustavuutta jo pitkään, ja yritykset ovat sallineet etätyötä yhä laajamittaisemmin. Näkyvissä on yrityksiä, joilla ei ole enää omia fyysisiä toimitiloja.
- 8. Tekoälyn käyttö laajentuu ja demokratisoituu
 - koronaviruspandemia laukaisi tekoälyn ja datan demokratisoitumisen. Lähes yhdessä yössä yritykset, hallitukset ja muut virastot joutuivat työskentelemään yhdessä luomaan nopeamman ratkaisua viruksen leviämisen estämiseksi. Data-analyysi, tekoäly ja koneoppiminen ovat työkaluja, joita tässä työssä tarvittiin.
- 9. Päätelaitteiden muodot kehittyvät
 - asiakkaat haluavat laitteita, jotka ovat kevyempiä, pienempiä ja monikäyttöisempiä. Usean laitteen kantamisen sijaan käyttäjät ovat entistä kiinnostuneempia hybridilaitteista, joita voidaan käyttää puhelimina tai tabletteina ja taittaa ja avata tarpeen mukaan.
- 10. Kvanttitekniikka siirtyy valtavirtaan
 - kvanttitekniikka on ollut eturintamassa pyrkimyksessä hallita covid-pandemian leviämistä, samoin kuin lääkkeiden ja rokotteiden kehittämisessä. Tulevaisuudessa näemme enemmän käyttötapauksia muilla teollisuudenaloilla.

3.6 Megatrendien vaikutus yrityksiin, markkinoihin ja palveluihin

Digitaalisuus ja siihen tukeutuvat teknologiat sekä globaalit trendit (ilmastonmuutos ym.) vaikuttavat vientiteollisuuteen, kotimarkkinoilla toimiviin yrityksiin, palveluihin sekä maakuntiin ja niiden eri seutukuntiin.

- Vientiteollisuus:
 - Puusellupohjaisten tuotteiden kysyntä muuttuu: sanomalehti- ja toimitopaperin kysyntä laskee, saniteettipaperin lisääntyä, uudet puukuitutuotteet (esim. tekstiilit) tulevat markkinoille.
- Kotimaan markkinat
 - Globaalit toimijat (omistajuus, palvelualustat, liikenne, vuokraus, palvelut...) lisäävät osuuttaan,
 - IT-alalla globaalit yritykset lisäävät markkinaosuuttaan,
 - Kaupan alalle uusia globaaleja toimijoita,
 - Verkkokauppa lisääntyy (Amazon, Alibaba ym.).
- Asuminen
 - Asuminen keskittyy maakuntakeskuksiin,
 - Työn tekemisen tavat muuttuvat,
 - Paikkariippumaton etä- ja mobiilityö lisääntyvät,

- Asuminen kahdella paikkakunnalla lisääntyy.
- Tietoliikenneyhteyksien merkitys lisääntyy
 - Uudet palvelut edellyttävät kattavia kiinteitä tietoliikenneverkkoja, joita täydennetään 5G-verkolla,
 - Digitaaliset oppimisympäristöt muuttavat koulutusta ja lisäävät tarvetta toimiville tietoliikenneyhteyksille,
 - Etäterveydenhuolto lisääntyy.

3.7 Megatrendien huomioon ottaminen

Teknologiaennakointi ei ole aina helppoa. Teknologian kypsymiseen vaikuttaa monta eri tekijää, joiden yhteisvaikutusta on haasteellista ennustaa. Timo Paukku ennakoii vuonna 2013 teknologioita, jotka muuttaisivat maailmaa. Informaatioteknologioiden osalta hän ennakoii pilvipalveluiden käytön laajentumista yrityksissä ja kotona, IoT-laitteiden voimakasta kasvua sekä ohjelmoitavan aineen kehittymistä. Pilvipalveluiden ja IoT:n kehittyminen onkin ollut Paukun ennusteen mukaista. Ohjelmoitava aine ja katomit (lyhenne sanoista klaytroniikka ja atomi) ei ole kehittynyt vielä merkittävästi. (Paukku, 2013)

Megatrendien perusteella voidaan määritellä kansallisella ja alueellisella tasolla, kuinka megatrendit vaikuttavat ja millaisia toimenpiteitä tarvitaan, jotta kehitystä voitaisiin hallinta. Taulukossa 1 on esitetty Sitran megatrendit ja niiden keskeinen vaikutus kansallisella tasolla ja millaisia toimenpiteitä tarvitaan esitettyjen haasteiden ratkaisemiseksi.

TAULUKKO 1 Kansallinen kehittäminen ottaen huomioon Sitran megatrendit

Megatrendi	Vaikutus Suomeen	Tarvittavat toimenpiteet
Ekologinen muutos - Ilmastonmuutos ja muut ympäristöhaasteet ovat erityisesti yhteisen toiminnan ongelmia – miten toteutetaan siirtymä kestävämpään yhteiskuntaan.	Suomi on erikoistunut vahvasti metsä-, kemia- ja metalliteollisuuteen.	Ympäristöhaasteiden taklaamisessa teollisuuden rakenneuutoksessa tulee toimijoita kohdella reilusti ja samalla tulee panostaa uusiin kestävä kehitystä edesauttaviin teknologioihin.
Demografinen muutos - Työikäisten ja lasten osuus vähenee ja eläkeläisten osuus kasvaa Suomessa. Väestön ennustetaan lisäksi keskittyvän muutamiin kaupunkeihin.	Väestöennusteen mukaan Suomessa ei 15 vuoden kuluttua ole enää yhtään maakuntaa, jossa syntyy enemmän ihmisiä kuin kuolee, jos syntyvyys pysyy nykyisellä tasolla. Väkiluku lähenee nykyisellä kehityksellä laskuun vuonna 2031. Vuonna 2050 väkiluku olisi noin 100 000 nykyistä pienempi.	Kehityksen hillitsemiseksi tarvitaan voimakkaita aluepoliittisia toimia, jossa digitalisaation avulla voidaan lisätä etä- ja mobiilityötä. Kehittämistyön pääkohteena on estää lisääntyvä polarisaatio eri kuntien ja seutujen välillä. Samalla tulee edistää työperäistä maahanmuuttoa.

Megatrendi	Vaikutus Suomeen	Tarvittavat toimenpiteet
<p>Verkostoituminen vahvistuu - Tulevaisuudessa merkitystä on yhä enemmän verkostoilla ja vuorovaikutuksella. Informaatiovaikuttaminen vahvistuu.</p>	<p>Kansalaisten suuremmalle roolille poliittisessa päätöksenteossa on voimakasta kysyntää. Maakuntahallinnon kehittyessä tarve kasvaa.</p> <p>Informaatiovaikuttamisen tavat ja keino monipuolistuvat, mikä voi aiheuttaa yhteiskunnallisia häiriötiloja ja ääriilikkeiden vahvistumista.</p>	<p>Päätöksenteossa kansalaisia tulisi kuulla ja heidän mielipiteitään kysyä aktiivisesti ajankohdaisissa asioissa (osallistava demokratia). Tähän erilaiset digitaaliset ratkaisut antavat erinomaisia mahdollisuuksia.</p> <p>Kansalaisten medialukutaitoa tulee kehittää ja panostaa digitaalisten koulutukseen kaikilla koulutustasoilla.</p>
<p>Teknologia sulautuu kaikkeen - Teknologia kehitty nopeasti ja uudet sovellukset otetaan ripeästi käyttöön. Teknologia vaikuttaa toimintatapoihin, yhteiskunnan rakenteisiin ja ihmisten arkipäivään. Kehitys voi aiheuttaa eriarvoistumista.</p>	<p>Uusia innovaatiota tulee esiintymään kiihtyvään tahtiin. Lyhyellä tähtämellä suurimmat muutokset tuo tekoälysovellusten yleistymisen. Tämä näkyy uusien palveluiden ja palvelualueiden ilmentymisessä sekä julkisissa että yksityisissä palveluissa. Tekoäly läpäisee yhteiskunnan samaan tapaan kuin internet aikanaan.</p>	<p>Kansallisella tasolla on tehostettava T&K&I-toimintaa erityisesti disruptiivisten teknologioiden alueilla ja löydettävä keihäänkärjet, joihin panostetaan merkittävästi.</p> <p>Digitaalisuuteen tulee investoida EU:n digitaalisen kompassin tavoitteiden saavuttamiseksi.</p>
<p>Talousjärjestelmä etsii suuntaansa - Talouteen kohdistuu yhä voimakkaampia muospaineita johtuen erityisesti eriarvoisuuden kasvusta ja ekologisesta kestävyyskriisistä.</p>	<p>Vuonna 2017 Suomen bruttokansantuote jakaantui toimialoittain seuraavasti: alkutuotanto 2,8 % jalostus 28,2 % palvelut 69,1 %.</p> <p>Taloutta on muuttanut ja muuttaa edelleen digitalisaatio, erityisesti palvelualueiden kehitys.</p> <p>Suomessa uudet palvelualueet ja digitaaliset palvelukonseptit muuttavat toimintatapoja ja -kulttuuria. Tähän mennessä kehitys on suosinut suuria teknologiayrityksiä ja alustamonopoleja.</p>	<p>Suomen tulisi alustataloudesta löytää itselleen merkityksellisiä kehittämismahdollisuuksia sekä itse alustan että sisällöntuotannon osalta. Tässä merkittävää on T&K&I-toiminnan lisääminen ja alan yritystoiminnan toimintaedellytysten vahvistaminen.</p>

Lähteet

- Frost & Sullivan. 2020. Global Mega Trends to 2030 - Futurecasting Key Themes that Will Shape Our Future Lives. <https://ww2.frost.com/wp-content/uploads/2019/09/global-mega-trends-brochure.pdf>
- Gartner. 2020. Gartner Top Strategic Technology Trends for 2021. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021/>
- Linturi Risto. 2020. Kohti parempaa tulevaisuutta! - Teknologian mahdollisuudet ja uhat kestävän kehityksen edistämässä. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 5/2020. https://www.eduskunta.fi/FI/naineduskuntatoimii/julkaisut/Documents/tuvj_5+2020.pdf
- Linturi Risto ja Kuusi Osmo. 2018. Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018–2037, Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 1/2018. https://www.eduskunta.fi/FI/naineduskuntatoimii/julkaisut/Documents/tuvj_1+2018.pdf
- Newman D. 2020. Top 10 Digital Transformation Trends For 2021, Forbes Sep 21, 2020. <https://www.forbes.com/sites/danielnewman/2020/09/21/top-10-digital-transformation-trends-for-2021/>
- Paukku Timo. 2013. Kymmenen uutta ihmettä – Teknologiat, jotka muuttavat maailmaa, Gaudeamus
- Sitra. 2020. Megatrendit 2020, Sitran selvityksiä 162, tammikuu 2020. <https://www.sitra.fi/julkaisut/megatrendit-2020/>
- YK. 2015. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development, Yleiskokouksen päätöslauselma 25. syyskuuta 2015. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

4 KYMMENEN ESIMERKKIÄ DIGITALISAATIESTA

"The best way to predict the future is to invent it."

- Steve Jobs, Apple cofounder, 2005.

4.1 Digitaalinen koti

Kodin perusvarustus muutaman vuosikymmen sitten oli radio, TV, levysoitin, lankapuhelin, kirjahylly, puu-, kaasu- tai sähköliesi ja jääkaappi ja pakastin sekä postilaukku/luukku.

Digitalisaatio on edennyt vaiheittain kodin varustuksessa. Lankapuhelin korvautui langattomilla puhelimilla ja tietokoneet ovat tulleet osaksi lähes jokaista kotia. Tietokoneet ja älypuhelimet ovat korvanneet levysoittimen. Kirjahyllyn ja lehtien merkitys on muuttunut. Äänikirjat korvaavat perinteiset kirjat ja paperinen lehti korvataan digitaalisella lehdellä. Kodinkoneet, kuten astian- ja pyykinpesukoneet, mikroaaltouuni ja TV ovat tulleet digilaitteiksi, jotka kommunikoivat internetin välityksellä.

Kotien lämmitys, viilennys ja ilmanvaihto tulevat automatisoitumaan. Koteihin tullaan lisäämään antureita, joilla voidaan mitata ilman hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja ilman kosteutta sekä tarkkailla asukkaiden liikkumista kodissa. Älykotiin rakennetaan myös turvallisuusjärjestelmiä kuten hälytysjärjestelmiä ja älylukkoja. (kts. kuva 13)



Kuva 13 Digitaalisen älykodin ratkaisuilla sekä helpotetaan että optimoidaan asumista.

Älykodissa valaistusta, lämmitystä ja elektronisia laitteita voidaan hallinnoida etänä esimerkiksi tietokoneen, älypuhelimien tai älyrannekkeen avulla. Älykodissa valaistus- ja lämmitysratkaisut ja elektroniset laitteet ovat verkkoyhteyden kautta yhteydessä älykodin omistajaan tai asukkaaseen ja käyttäjä voi ohjata kodin laitteita, tekniikkaa tai toimintoja etänä. Kodin sähköjärjestelmän automatisointi mahdollistaa sen, että koti voidaan myös ohjelmoida toteuttamaan toimintoja itsenäisesti. Älykoteihin ovat tulleet myös erilaiset vuotovahdit ja älykkäät vedenkulutuksen seurantajärjestelmät. (Raken-taja, 2021)

Tekoälyratkaisut tulevat myös kotiin. Virtuaali- ja lisätty todellisuus tulevat muovamaan ajatteluamme kodista. Virtuaalilaseilla voitaisiin esimerkiksi muokata kodin sisustusta kunkin asujan kiinnostuksen mukaan. Seinille voisi valita virtuaalisia tapetteja, maalauksia ja ikkunoita, joista näkyvä haluttu elävä maisema luonnosta.

4.2 Digitaalinen liikenne

Liikenne ja kuljetusten toimivuus ovat yhteiskunnan toiminnan kannalta kriittisiä toimintoja. Kuljetusten toimivuudella on keskeinen merkitys koko yhteiskunnan — viranomais-ten, yritysten, teollisuuden ja kansalaisten — toimintakyvyn ja toiminnan kannalta. Monien yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen jatkuminen vaatii myös sitä, että tietyt ihmiset pääsevät kaikissa tilanteissa työpaikalleen.

Liikenteen toiminta ja sujuvuus perustuu tänä päivänä olennaisesti tieto- ja viestintäjärjestelmien hyödyntämiseen. Ajoneuvojen ja palveluiden käyttäjien verkottumisella ja älykkäillä sensoreilla voidaan tehostaa palveluita sekä parantaa niiden laatua. Avoimen datan avulla voidaan lisätä ymmärrystä liikennejärjestelmän dynaamisista piirteistä ja sitä kautta kehittää paremmin muuttuviin olosuhteisiin ja ympäristöön adaptoituvia ratkaisuja. Myös palveluja käyttävien asiakkaiden kriteerit vaihtelevat tehokkuudesta mukavuuteen ja kustannuksista hyvinvointiin ja tähän voidaan reagoida analysoimalla käyttäjiltä kerättävää dataa.

Älykkäät liikennejärjestelmät (engl. Intelligent transportation systems, ITS) ovat kehittyneitä sovelluksia, jotka pyrkivät tarjoamaan eri liikennemuotoja ja liikenteen hallintaa koskevia innovatiivisia palveluja ja jotka mahdollistavat sen, että eri käyttäjät saavat paremmin tietoa ja voivat hyödyntää liikenneverkkoja turvallisemmin, koordinoitummin ja älykkäämmin. Älykkäissä liikennejärjestelmissä käytetään televiestintää, elektroniikkaa ja tietotekniikkaa yhdessä liikennetekniikan kanssa liikennejärjestelmien suunnitteluun, toteuttamiseen, käyttöön, ylläpitoon ja hallintaan.

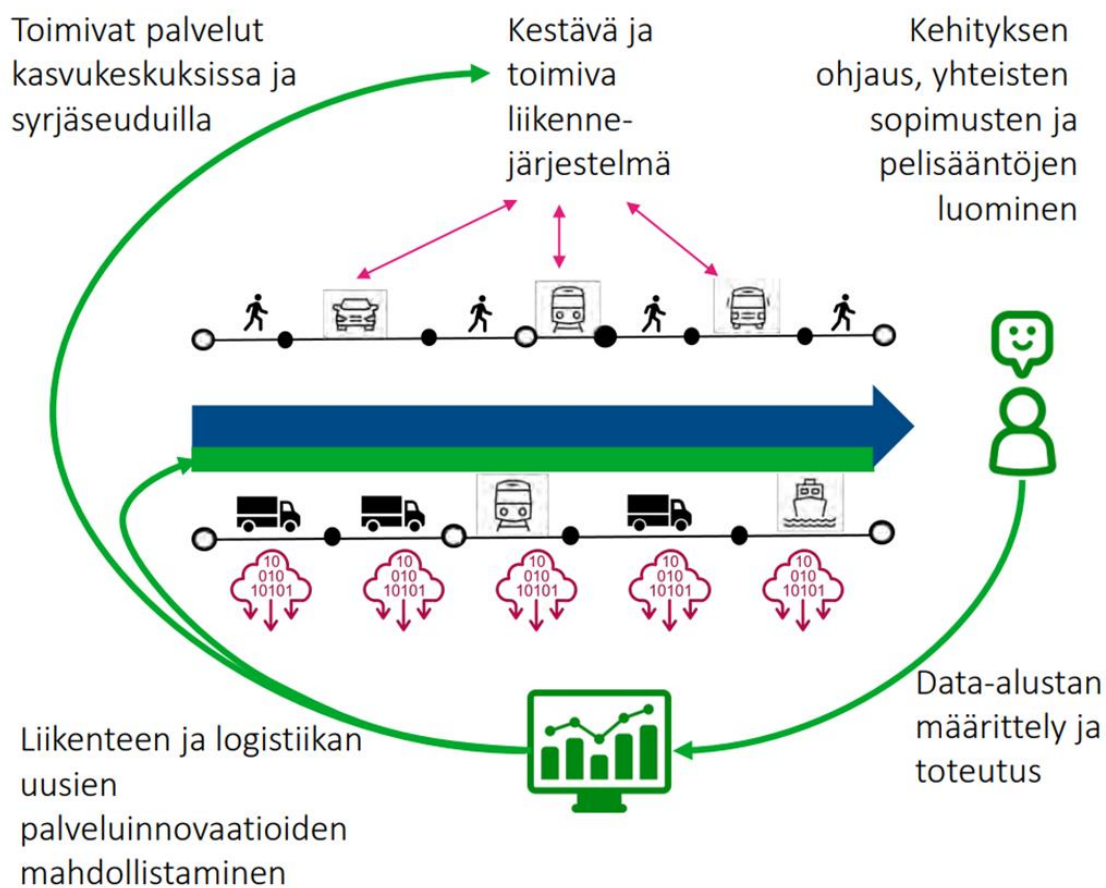
Auto on muuttunut muutamassa vuosikymmenessä mekaanisesta järjestelmästä digitalisaation ja tietokoneiden ohjaamaksi kuljetusvälineeksi, joka aktiivisesti osallistuu ajamiseen. Aktiivisimmat kehitysalueet ovat sähköauto ja ainakin osittain itseohjautuva auto. Autojen kehityksessä on tärkeää turvallisuus ja resurssien kestävä kulutus.

Suomessa Fintrafficin koordinoimana kehitetään digitaalisia liikenneratkaisuja, tavoitteena muuttaa ja tehostaa ihmisten ja tavaroiden liikkumista. Näitä kehitettäviä ratkaisuja ovat mm:

1. Digirata-kehityshanke
 - Liikenteenohjauksen optimointi tekoälyn avulla, reaaliaikainen tiedon jaostaminen, jatkuvasti päivittyvät kapasiteetti ja aikataulutiedot, dynaaminen reagointi.
2. Etälennonjohto (engl. Multi Remote Operating Tower, MROT)
 - Mahdollistaa lennonjohtopalvelun tuottamisen joustavasti yhdestä työpisteestä useammalle lentoasemalle.
3. eTie-kehityshanke
 - Kokonaisvaltainen tilannekuva ja dynaaminen liikenteenohjaus väylillä ja liikenteen solmukohdissa, kuljetus- ja matkaketjuja tehostavia tietopalveluja, optimaalisia reitityksiä mahdollistavia tietopalveluja, optimaalisen väylien kunnossapidon mahdollistavia tietopalveluja, entistä laajempia liikennevaloetuisuuksia.
4. eVäylä-kehityshanke
 - Mahdollistaa meriliikenteen uusien, älykkäiden tietopalveluiden ja vahvistetun tilannekuvan tarjoamisen, uudistetaan ja kehitetään VTS:n ja satamatoimijoiden välistä tiedonvaihtoa, luodaan perusta kehittyvän alusliikenteen digitaaliselle hallinnalle sekä toteutetaan samalla etäluotsauksessa tarvittavat tiedonvaihdon rajapinnat meriliikenteenohjauksen ja etäluotsauksen välille.

(Fintraffic, 2021)

Kuvassa 14 on Fintrafficin visio liikenteen digikehittämisestä kohti turvallisempaa, sujuvampaa ja vähäpäästöisempää liikennejärjestelmää.



Kuva 14 Fintrafficin visio liikenteen digikehittämisestä. (Fintraffic, 2021)

4.3 Digitaaliset palvelut

Yhteiskunta on muuttunut palveluyhteiskunnasta itsepalveluyhteiskunnaksi, jossa edellytetään käyttäjiltä digitaitoja. Esimerkiksi pankki-, vakuutus-, ja vero- vakuutusasiat sekä KELA-asiointi edellyttävät digitaitoja ja laitteistoja toimivine tietoliikenneyhteyksineen. Tämä aiheuttaa huolen, että digitaalisten palveluiden käyttöön liittyvät vaatimukset epätasa-arvoistavat yhteiskuntaa.

Digitalisaation on aiheuttanut suuria muutoksia lähes kaikilla liiketoimialoilla. Digitalisaatio on muuttanut perustavalla tavalla useiden yritysten toimintamallit logistiikka- ja arvoketjujen hallinnasta markkinointiin. Digitaalisuus purkaa toimialoja, yhdistää niitä sekä synnyttää uusia. Se muuttaa myös arvoketjuja ja pakottaa toimijoita uusiin rooleihin. Digitalisoinnin keskeisimmät menestystekijät liittyvät yritysten liiketoimintaprosesseihin ja ekosysteemiajatteluun. Yritysten digitaalisesta murroksesta selviäminen vaatii vahvan vision siitä, miten digitaalisuus vaikuttaa oman organisaation toimintaan.

Pankkiala on esimerkki toiminnan siirtämisessä digitaalisiin kanaviin. Perinteisestä kasupalvelusta pankkikonttoreissa on siirrytty erilaisiin verkko- ja mobiilipalveluihin. Pankkikonttorit häviävät tasaiseen tahtiin ja kaikki asiointi siirtyy kokonaan verkkoon. Henkilöiden vahva tunnistus tekee pankkikonttorissa käymisestä tarpeetonta. Suomen Pankin ennusteen mukaan käteisen käyttö saattaa loppua Suomesta 2030-luvulle mentäessä. Kehitys johtaa aitoihin verkkopankkeihin ts. pankkeihin, jotka toimivat vain verkossa.

Pankkimaailmassa matkapuhelinyhtiöt ovat tuomassa omia sovelluksiaan haastamaan perinteistä pankkiliiketoimintaa. Esimerkiksi Applen mobiili- ja verkkomaksusovellus Apple Payn avulla asiakas on yhteydessä kassaan puhelimesta olevan lähimaksusirun kautta. Maksu hyväksytään sormenjäljellä, ja se välittyy kaupalle luottokorttiyhtiöiden maksunvälitysjärjestelmien kautta.

Matkailupalvelut ovat siirtyneet internetiin. Enää matkatoimistoihin ei mennä matkoja varaamaan, vaan kaikki tehdään internetissä. Jo nyt on matkatoimistoja, jotka palvelevat vain netissä. Tämän rinnalle ovat tulleet erilaiset palvelusivustot, joiden avulla matkaa suunnitteleva voi itse valita, varata ja maksaa hotellit, autot, lentoliput, palvelut kohteessa jne.

Airbnb on vuonna 2008 perustettu yritys ja internetsivusto, jonka kautta voi ilmoittaa oman huoneensa tai vastaavan tilan vuokrattavaksi. Airbnb harjoittaa majoitusliiketoimintaa omistamatta yhtään vuodepaikkaa. Sillä on yli neljä miljoonaa kohdetta 65 000 kaupungissa ja 190 maassa. Ensimmäisen 10 vuoden aikana sen kautta tehtiin 260 miljoonaa majoittautumista.

Suoratoistopalveluyhtiöt kuten Disney, Netflix, HBO ja Viaplay sekä tv-yhtiöiden suoratoistopalvelut muuttavat kuluttajien tapaa katsoa televisiota. Älytelevisio mahdollistaa tv-katselun personoinnin ja ansaintalogiikat muuttuvat, kun toiminta ei perustu massamainontaan vaan kohdistettuun mainontaan. Lisäksi suorat tapahtumat erityisesti urheilu siirtyvät katsottaviksi nettitelevisiosta. Kaikki tämä muuttaa perinteisen tv-toiminnan luonteen.

Tulevaisuuden digitaaliset palvelut perustuvat ihmisten, innovatiivisten toimijoiden ja älykkäiden koneiden ekosysteemiin. Kehittyvässä digitaalisessa yhteiskunnassa mahdollisuuksien tila laajenee. Tilaa laajentavat kyberfyysiset toisiinsa kytkeytyneet järjestelmät, vuorovaikutteisuus, itse tuottaminen ja jakaminen, sekä koneiden älykkyyden ja kyvykkyyden kasvu. Digitaalitalouden kehitystä edistävät kansalaisten identiteetin ja tietokäytäntöjen siirtyminen verkkoon sekä organisaatioiden palvelurakenteiden digitalisaatio yhdistettynä luottamukseen systeemin turvallisuudesta. Näin muodostuu digitaalinen alustatalous, jossa elementteinä ovat teollinen internet, erilaiset sosiaalisen median ja viestinnän alustat sekä hajautetut ja yhteisölliset palvelut. (Lehto & Neittaanmäki, 2016)

Digitaaliset ePalvelut ulottuvat yhä laajemmin koko yhteiskuntaan organisaatioiden ja kansalaisten käyttöön. Kuvassa 15 on esitetty joukko digitaalisia ePalveluja.



Kuva 15 Digitaalisia ePalveluja.

4.4 Digitaalinen koulutus

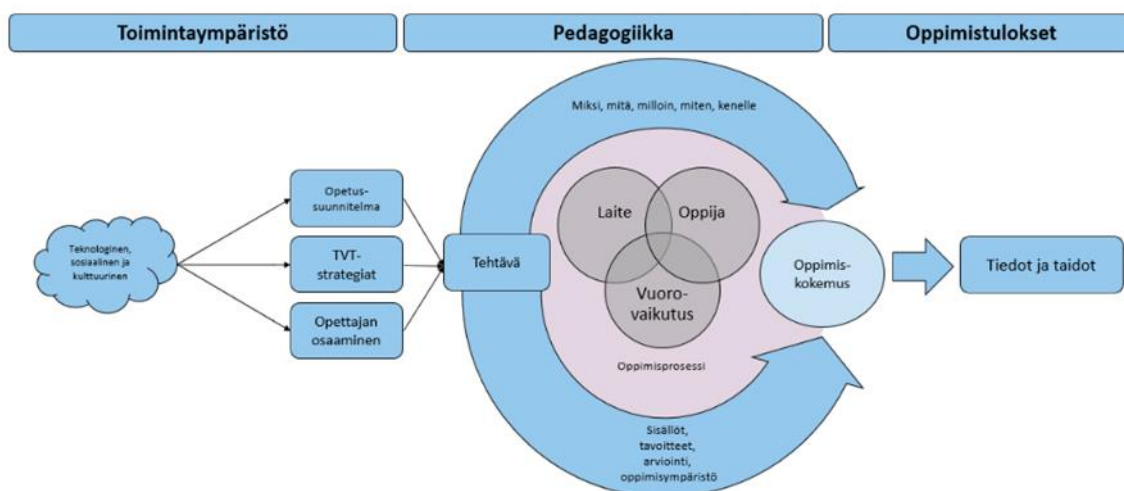
Digitalisaatio ja yhteiskunnan uudistaminen luonnon ja ympäristön kannalta kestäväksi muuttavat nopeasti ja merkittävästi työtä sekä osaamistarpeita. Osaamistason nostossa onnistuminen on yksi tulevaisuutemme keskeisimmistä kysymyksistä. Oppimisympäristössä teknologian roolina on esimerkiksi tarjota mahdollisuus hankkia tietoa monesta lähteestä, tehdä monimutkaisista asioista ymmärrettävämmäksi simulaatioiden avulla, tukea aktiivista ja korkeatasoista ajattelua, tukea yhteisöllistä opiskelua sekä tarjota mahdollisuus eriyettyyn opetukseen.

Koulutus kaikilla tasoilla on muuttunut kokonaan tai osittain digitaalisessa ympäristössä tapahtuvaksi. Digitalisaation kehitys antaa mahdollisuuden aivan uudelle digiopimiselle ja digiopettamiselle. Tekoäly antaa mahdollisuuden keskittyä opiskelijan yksilöllisiin tarpeisiin. Tekoäly tarjoaa paljon mahdollisuuksia jakaa tietoa ympäri maailmaa. Tekoälyratkaisujen avulla opiskelijat voivat opiskella erilaisia kursseja ja koulutusohjelmia.

Digitaalisuuden hyödyt saavutetaan vasta, kun riittävän moni käyttää digitaalisia palveluja. Digitaalisuus vaatii siksi helppokäyttöisyyttä, koulutusta ja markkinointia. Digitaalisuuden suurimmat hyödyt saavutetaan opetuksessa, kun opetuksen kaikki prosessit mietitään, suunnitellaan ja toteutetaan uudella digitaalisella tavalla. Pelkkä opetuksen jakaminen verkossa ei ole tehokasta. Kannattaa yhdistellä videoseminaareja, digitaalisia oppimisjärjestelmiä sekä paikan päällä annettavaa perinteisempää opetusta ja ryhmätyöskentelyä. Peruskoulu, toinen aste ja korkeakoulu vaativat luonnollisesti kukin erilaiset digitaaliset ratkaisunsa. Digitaalisessa maailmassa oppilaista tulee enemmän osa oppimisprosessia ja vähemmän opetuksen kohteita. Mitä aikaisemmassa vaiheessa nuo-

ret pääsevät elämään digitaalisessa ympäristössä, sitä luontevammin he osaavat kääntää digitalisaation mahdollisuuksia konkreettisiksi palveluiksi sekä omassa elämässään että työelämässä.

Mobiilioppimisen viitekehys (kts. kuva 16) pohjautuu sekä kirjallisuuteen että kouluympäristössä tehtyihin havaintoihin. Kehitetyn viitekehysten keskiössä ovat pedagogiikka, oppija, laite sekä vuorovaikutus. Viitekehyksessä korostuvat myös toimintakulttuuriin liittyvät tekijät, jotka voivat joko edistää tai estää mobiiliopetusta. Väitöstutkimus antoi myös viitteitä siitä, että parhaimmillaan mielekkäät ja motivoivat mobiilioppimisen tehtävät voivat vaikuttaa positiivisesti oppijoiden oppimistuloksiin. (Rikala, 2015)



Kuva 16 Mobiilioppimisen viitekehys. (Rikala, 2015)

Älykästä ja digitaalista opetusta on käsitelty luvussa 7.

4.5 Digitaalinen terveydenhoito

Sosiaali- ja terveydenhuollon palveluissa käytetään tietojärjestelmiä, informaatio- ja kommunikaatioteknologiaa ja sähköistä tiedonhallintaa. Sähköisten palveluiden käyttö on osa SOTE-digitalisaatiota. Palvelujärjestelmän vaikuttavuutta ja tehokkuutta lisätään sähköisen tiedonhallinnan ratkaisujen avulla. (STM, 2014)

SOTE-tietojärjestelmäkokonaisuudessa noin 400...800 järjestelmää, näiden välisiä liityntöjä yli 500 kpl, käyttäjiä noin 10 000 (SOTE-alalla työntekijöitä 200 000), järjestelmäomistajia 10–100. Potilastietojärjestelmien kokonaisuus on noin 10 % koko lukumäärästä. Jokainen erikoisala tarvitsee omat erikoisjärjestelmät (niiden toimittajia on maailmalla vain muutama). Myös uudessa SOTE-IT-järjestelmässä tulee olemaan edelleen reilut 200 järjestelmää vaikka niitä yhdistettäisiinkin ja vanhasta SOTE-järjestelmästä iso osa jää käyttöön. (Neittaanmäki & Lehto, 2018)

Terveyteen ja hyvinvointiin liittyvää tietoa kertyy reaaliajassa valtavat määrät eri lähteistä, kuten esimerkiksi liikkumista mittaavista rannekkeista, implanteista ja muista terveyden ja lääketieteen laitteista. Ihminen tuottaa elinaikanaan keskimäärin yli miljoona gigatavua terveyteen tutkimus liittyvää dataa. Lisäksi käytettävissä ovat perinteiset tietolähteet, kuten potilas-, ja perimätiedot. Data on pirstaloitunut sinne tänne, eikä sitä ole helppo jakaa tai analysoida. (Neittaanmäki & Lehto, 2018)

Yhteiskunnan tuottamien tietojen nykyistä sujuvampi käyttö parantaa hoidon ja hoivan vaikuttavuutta, lisää palvelutuotannon ja tutkimuksen tehokkuutta ja parantaa elinkeinon uudistumiskykyä. (Sitra, 2018)

Kansalaisten terveysdata on digitaalisessa muodossa mittausdatana, kuvadatan tai potilaskertomuksina paikallisen sairaalan, sairaanhoitopiirin tietokannassa tai Kelan Kanta-arkistossa.

Kuvassa 17 on esitetty kahdeksan teknologiatrendiä, jotka muuttavat terveydenhuoltoa.



Kuva 17 Digitaalinen revoluuio – Kahdeksan teknologiaa, jotka muuttavat terveydenhuoltoa.

Etähoivapalvelun avulla yksi sairaanhoitaja voi pitää yhteyttä jopa 20–30 vanhukseen vähintään viikoittain. Tulevaisuudessa suuri osa lääkärikäynneistä voisi tapahtua ensisijaisesti videon välityksellä. Etäkirurgia mahdollistaa esimerkiksi erikoislääkäreiden hyödyntämisen tilanteissa, jossa vastaavaa osaamista ei ole paikallisesti saatavilla, mikä parantaa potilaiden hoidon laatua ja paranemisen mahdollisuuksia.

Eri tietojärjestelmiin tallennettu SOTE-data on arvokasta ja sen nykyistä laajempi hyödyntäminen palvelisi yksilöä, terveydenhuoltoa, hoiva-alaa, tutkimusta ja liiketoimintaa. Laajat tietovarannot voitaisiin hyödyntää nykyistä monipuolisemmin ja tuottaa entistä laadukkaampia sosiaalipalveluja ja terveydenhuoltoa sekä muita palveluja. Kansainvälisesti ainutlaatuiset tietovarannot tulisi valjastaa laajempaan hyötykäyttöön ja lähem-

mäksi yksilöä. Yksilön ja eri toimijoiden tiedonvaihtoa tulisi edistää ja pääsyä systemaattiseen dataan tehostaa, kun osapuolilla on siihen tarve ja oikeus. Näin vältettäisiin myös päällekkäisen tiedon kokoaminen moneen paikkaan. (Kuusisto & Kantola, 2016)

Digitaalista SOTE-ympäristöä on tarkemmin kuvattu luvussa 6.

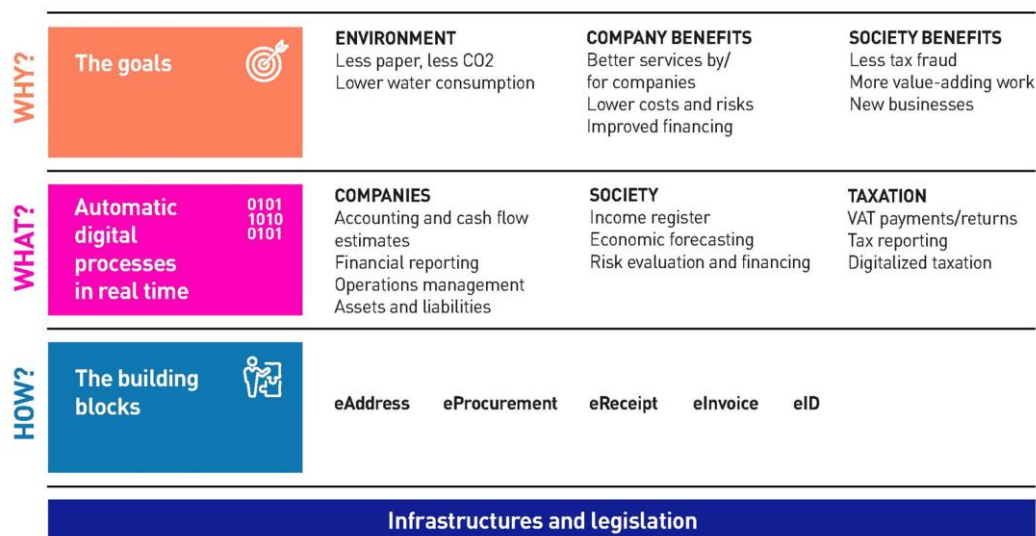
4.6 Digitaalinen verotus

Aikaisemmin työikäisten kansalaisten veloitteena oli tehdä veroilmoitus kerran vuodessa. Tulo ja menoasiakirjat ja tulojen hankintakulut, apteekkikulut toimitettiin paperidokumentteina verottajalle. Digijärjestelmässä suurin osa dokumenteista lähetetään eri toimijoiden toimesta automaattisesti verottajalle. Dokumenttien pohjalta verottaja tekee veroehdotuksen, jota voi täydentää. Digitaalinen verojärjestelmä on merkittävästi helpottanut kansalaisten arkea.

Henkilöasiakkaiden toiminnot siirtyivät marraskuussa 2018 OmaVeroon. Asiakas näkee oman verotuksellisen kokonaistilanteensa OmaVerossa, voi korjata sekä täydentää verotietojaan, kysyä neuvoja ja maksaa veroja. Omaverossa on haluttu muodostaa henkilöasiakkaan ensisijainen kontaktpiste Verohallintoon. OmaVero-palvelulla tähdätään asiointitarpeen vähenemiseen sekä Verohallinnon toiminnan tehostamiseen. Tästä palvelusta on haluttu muodostaa henkilöasiakkaan ensisijainen kontaktpiste Verohallintoon.

Vuoden 2019 hallitusohjelman mukaan hallitus haluaa edistää siirtymistä reaaliaikatalouteen (engl. Real-Time Economy, RTE) ja tehdä Suomesta reaaliaikatalouden edelläkävijämarkkinan, samalla edistetään verotusmenettelyn digitalisointia ja automatisointia. Verotuksen digitalisaatio on osa reaaliaikataloutta, jossa taloudelliset transaktiot ja prosessit ovat digitaalisia ja perustuvat rakenteelliseen dataan. Rakenteinen taloustieto mahdollistaa tehokkaan automatisoinnin pudottaen samalla pois monta manuaalista työvaihetta. Reaaliaikataloudessa tuetaan yritysten siirtymistä taloushallinnon täydelliseen automatisointiin. Valtiokonttorin mukaan reaaliaikataloudella tarkoitetaan talousjärjestelmää, jossa taloustiedot, kuten laskut, kuitit, raportit ja verojen maksutiedot, kulkevat digitaalisesti parhaimmillaan reaaliajassa eri toimijoiden järjestelmien välillä. Tavoitteena on saada myyjien ja ostajien niin yksityisen kuin julkisenkin sektorin järjestelmät pelaamaan saumattomasti yhteen, jolloin tiedon käsittely ja liikkuminen taholta toiselle voi tapahtua automaattisesti. Reaaliaikataloudella voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä niin julkisella puolella kuin yksityiselläkin sektorilla. (Valtiokonttori, 2021; TE, 2020)

Kuvassa 18 on esitetty reaaliaikatalouden toimintaympäristö.

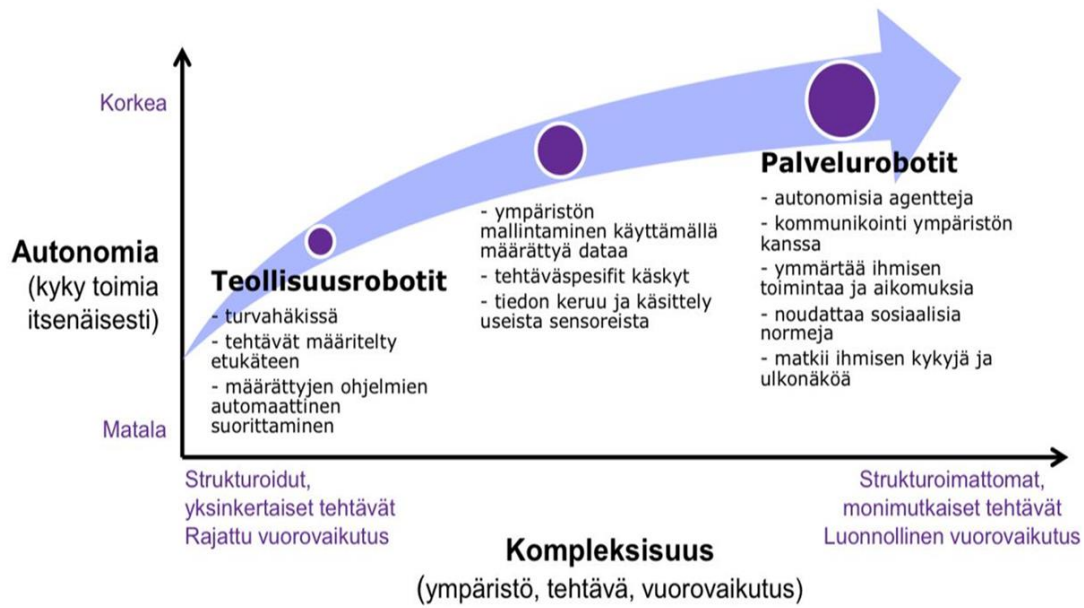


Kuva 18 Reaaliaikatalouden toimintaympäristö. (TE, 2020)

4.7 Digitaaliset teollisuusrobotit ja palvelurobotit

Ihmisten tekemää työtä on korvattu teollisuusroboteilla. Teollisuusrobottien ja palvelurobottien käyttö tulee kasvamaan monilla eri aloilla. Robotiikalla on tehostettu toimintoja ja aikaan saatu säästöjä. Erityisesti sairaaloissa on voitu robotiikalla tehostaa toimintoja. Suomessa käytetään vielä vähän kognitiivisia ja älykkäitä robotteja.

Robotiikka on kehittynyt (kuva 19) 1960-luvun teollisuusympäristössä hyödynnetyistä vähäisen autonomian ja vähäisen vuorovaikutteisuuden roboteista itsenäisiin, tietoa kerääviin ja ympäristöään havainnoiviin, sekä sen kanssa kommunikoiviin, älykkäisiin robotteihin. Ne ovat siirtyneetkin omista eristetyistä toimintaympäristöistään täysin avoimeen ympäristöön ihmisten joukkoon. Tämä mahdollistaa ennen toteutuskelvottomilta vaikuttaneiden, monimutkaisten ja strukturoimattomien tehtävien antamisen roboteille. Jatkuvasti kehittyvät kyvyt luonnolliseen vuorovaikutukseen mahdollistaa edistyneempää ihmisen ja robottien välistä vuorovaikutusta. (Niemelä, 2017)



Kuva 19 Robottievoluutio. (Niemi, 2017)

Roboteista ja robotiikasta enemmän luvussa 5.5.

4.8 Digitaalinen tiedon haku

Tiedon hakeminen on helpottunut koska digitaalisessa muodossa olevaa tietoa voidaan hakea eri tietokannoista siihen kehitetyillä järjestelmillä. Digitalisaatio on poistanut esteet globaalin tiedon saavutettavuudesta. Käytännössä melkein jokainen kansalainen kantaa mukanaan mobiililaitetta tai omistaa tietokoneen. Perinteiset tiedonhaun menetelmät ovat menettäneet merkitystään. Nopea, globaali, tietokanta jokaisen saavutettavissa on vähentänyt muistettavan tiedon merkitystä ja korostanut tiedonhakuun liittyvän osaamisen merkitystä.

Digitaalisen teknologian ja median hyödyntäminen tiedon haussa on korostunut kaikilla koulutusasteilla perusopetuksesta II-asteen koulutukseen ja korkeakoulutukseen aina aikuiskoulutukseen saakka. Digitaalisuus mahdollistaa laaja-alaisen tiedon haun ja oppimiskokemuksellisuuden laajentamisen. Elinikäisen oppimisen tukeminen vaatii opetuksen sisältöjen ja opetustapojen muuttamista siten, että ne vastaavat tämän vuosituhannen oppimisvaatimuksiin. 2020-luvun mediat ja digiteknologia on integroitava opetuksessa tiedonhakuun tavalla, joka tarjoaa relevantteja tiedonhakuosaamista jokaiselle koulutustasolle ja jokaiselle oppijalle ja yksilölle.

Tietoa haetaan valtavia määriä. Google on nykyään maailman suurin hakukone ja yksi maailman suurimpia teknologiayrityksiä. Google käsittelee keskimäärin yli 40 000 hakukyselyä sekunnissa, mikä tarkoittaa yli 3,5 miljardia hakuja päivässä ja 1,2 biljoonaa hakuja vuodessa maailmanlaajuisesti. Google-hakujen määrä kasvaa noin 10 % vuodessa. Sivustokäyntejä Googlella oli viimeisen kuuden kuukauden aikana yli 92 miljardia.

Internetin valtava koko ja tiedon määrä tarkoittavat, että näkyvyys ja löydettävyys ovat keskeisiä kilpailulle sekä palveluiden, että ideoiden markkinoilla.

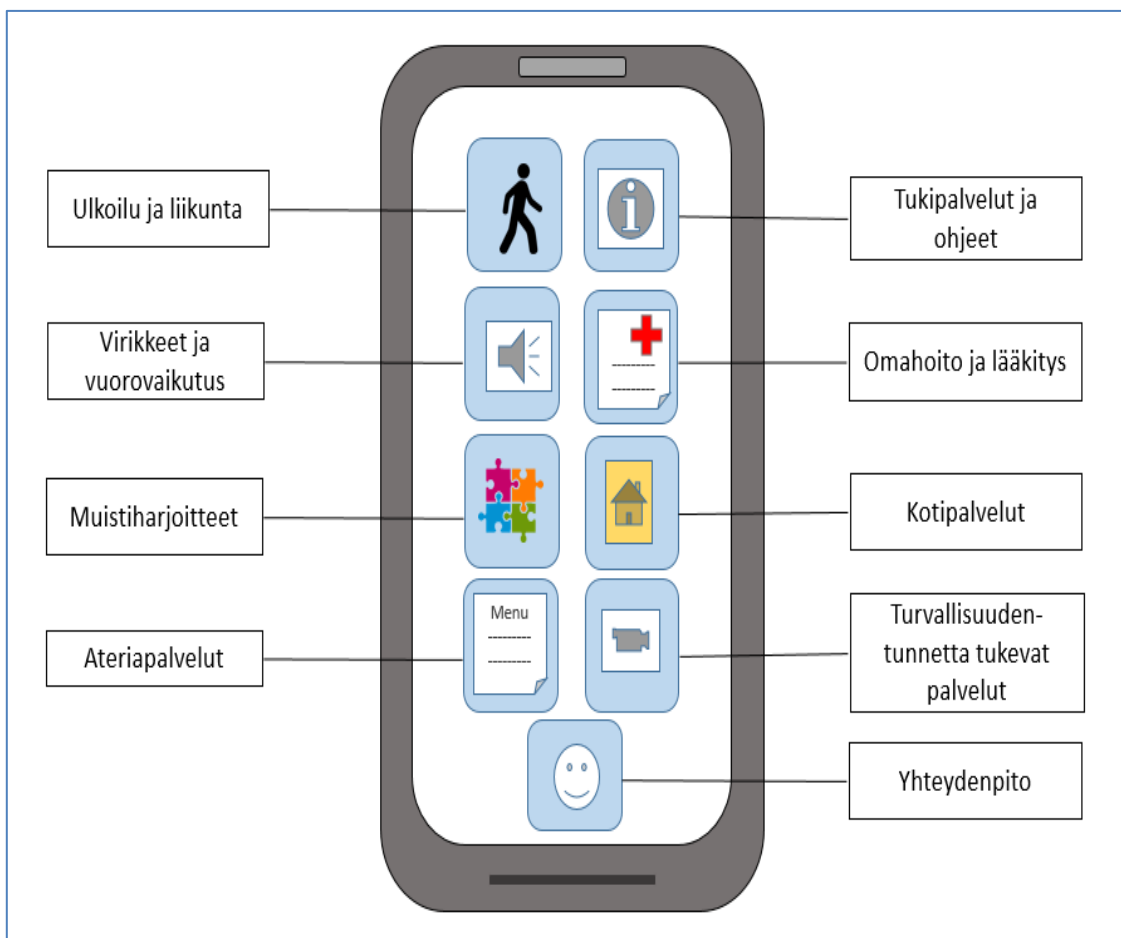
4.9 Digiviestintä ja mobiililaitteet

Media-alalla työn digitalisoituminen on lisännyt työhön liittyvää joustavuutta ja parantanut tiedonkulkua. Median digitalisoitumisen myötä keinot tavoittaa kuluttajia ovat lisääntyneet ja yritykset joutuvatkin ottamaan jatkuvasti käyttöön uusia markkinointiviestintään soveltuvia kanavia. (Hirvonen & Kirves, 2019) Media- ja viihdealalla digitaaliset palvelut ovat nopeasti syrjäyttäneet perinteiset palvelut - systeeminen muutos. Media ja viihde on nykyisin ubiikkia, kaikkialla läsnä olevaa ja kaikilla laitteilla käytettävää. Visuaalisuuden ja kolmiulotteisuuden lisääminen avaa uusia mahdollisuuksia. Tulevaisuuden opetusaineistot hyödyntävät media- ja viihdealan digitaalisia ratkaisuja.

Älypuhelimet ovat nykyään monitoimilaitteita, jotka ovat muokanneet viestintäämme monitasoiseksi. Viestinnässä yhdistellään tekstiä, ääntä, kuvia, videota ja liitetiedostoja. Viestintä on myös yhä enemmän verkottunutta useiden ihmisten kesken. Viestinnän aikana tuotetaan yhä enemmän uutta tietoa, jota jaetaan tehokkaammin.

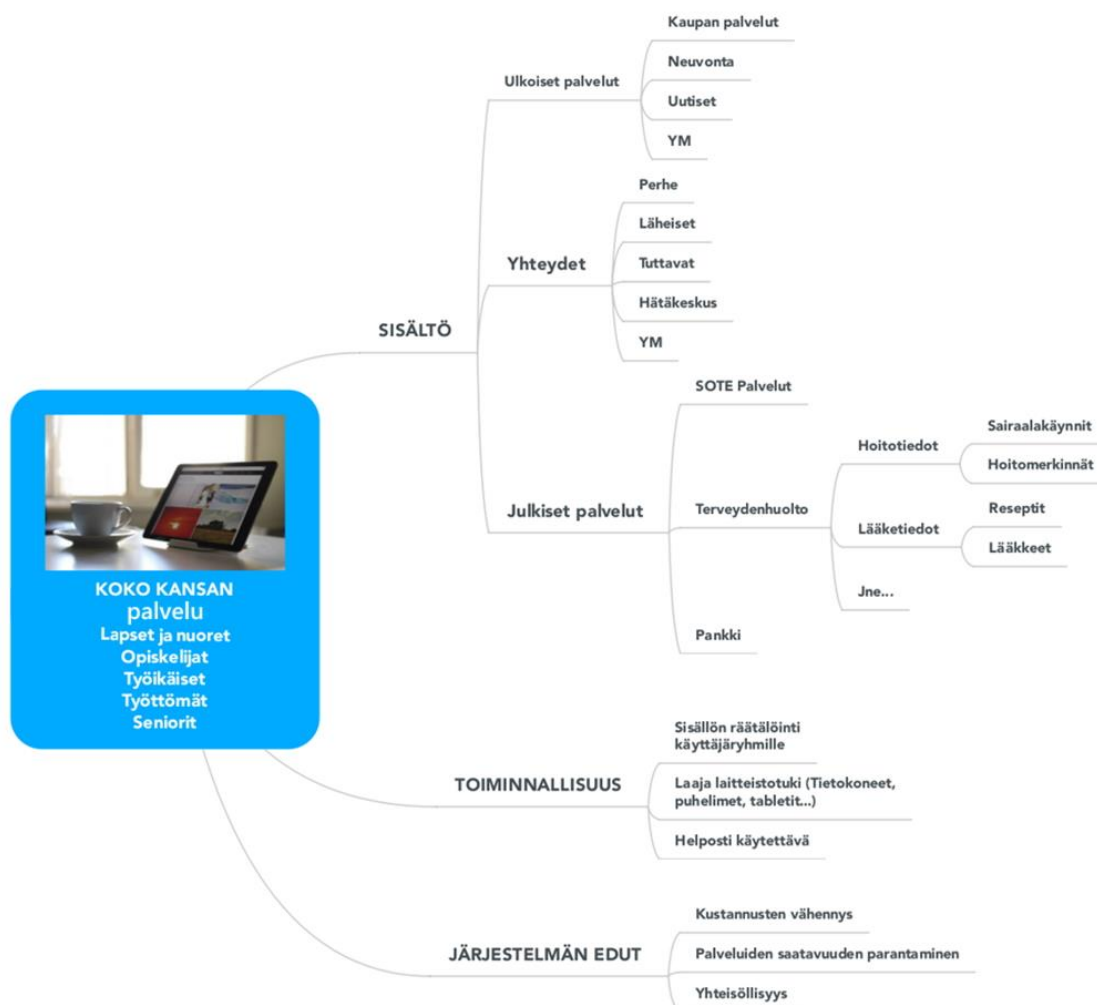
Kuluttajat siirtyvät taloudellisesti perustellusta toiminnallisuudesta kohti supratoiminnallisuutta, jota ei voida mitata talouden mittarein (rahalla). Suomi on onnellisuusorientoitunut ja kuluttajat arvostavat supratoiminnallisuudesta syntyvää arvoa. (Watanabe & Ilmola, 2018; Watanabe, Tou, Neittaanmäki, 2018)

Kuvassa 20 on esimerkki supratoiminnallisuudesta: älypuhelin ja siihen liittyvät toiminnot ja palvelut.



Kuva 20 Esimerkki supratoiminnallisuudesta: älypuhelin ja siihen liittyvät toiminnot ja palvelut.

Kuvassa 21 esitetään älypuhelin monitoimialustana.



Kuva 21 Älypuhelin monitoimialustana.

Älypuhelinmonitoimisuus muuttaa kuluttajien käyttäytymistä ja hyödykkeiden käytöstä, sekä palveluketjujen rakennetta. Palveluyhteiskunnasta muodostuu yhä enemmän itsepalveluyhteiskunta. Vastine usealle erilliselle kulutustavaralle, kuten kameralle, radiolle, kellolle, musiikkisoittimelle sekä usealle muulle löytyy samasta tuotteesta. Samoin useat palvelut löytyvät yhden päätelaitteen takaa virtuaalisina, joka vaikuttaa muun muassa toimitilojen tarpeeseen ja henkilöliikenteeseen. Digitaalisessa ympäristössä myös esimerkiksi paperinkäytön ja postipalveluiden tarve muuttuu.

4.10 Digitaalinen sään ennustaminen

Sää on mutkikas, erilaisten vaikeasti ennustettavien tapahtumien vuorovaikutussuhde ilmakehässä. Kun säähavainnot tallennetaan digitaalisesti ja kun säää määrittävistä luonnonilmiöistä on rakennettu digitaalinen algoritmi, voimme ennustaa suursäätilaa jopa puoli vuotta eteenpäin. (Jungner, 2015)

Satelliittikuvat, sään tilaa eri puolella maailmaan sijaitsevat kiinteät tai liikkuvat sensorit, aikaisemmat säädatan tietokannat ja tekoälypohjaiset ennustemallit ovat mahdollistaneet hyvin tarkkojen lyhyen ja pitkän aikavälin sääennusteiden tekemisen.

Sääennuste on ennusteiden tekemisestä yleisestä ja erityisestä sääilmioistä tietyllä alueella perustuen havaintoihin säähän liittyvistä tekijöistä, kuten ilmakehän paine, tuulen nopeus ja suunta, sateet, pilvisuus, lämpötila, kosteus, etuliikkeet jne. Meteorologit käyttävät useita työkaluja alueen ennustamiseen. Työkalut kuuluvat kahteen luokkaan: työkalut tietojen keräämiseen ja välineet tietojen koordinoimiseksi ja tulkitsemiseksi. Tyypillisessä sääennustejärjestelmässä äskettäin kerätyt tiedot syötetään tietokonemalliin prosessissa, jota kutsutaan assimilaatioksi. Tämä varmistaa, että tietokonemalli pitää nykyiset sääolosuhteet mahdollisimman tarkasti, ennen kuin sitä käytetään ennustamaan, kuinka sää voi muuttua seuraavien päivien aikana. (UKEssays, 2018)

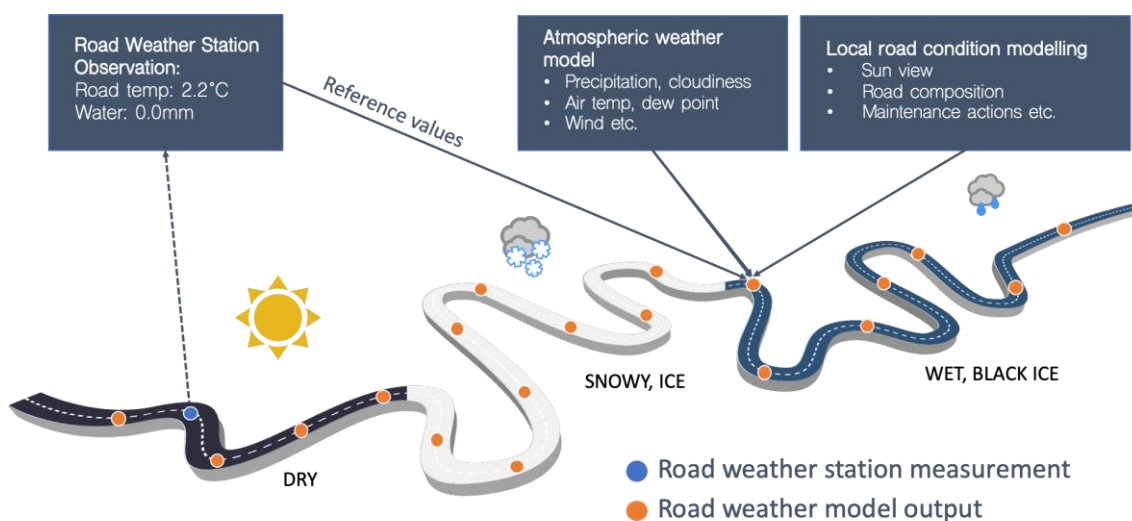
Digitalisaatio mahdollistaa julkisten säätietopalveluiden (engl. Public Weather Services, PWS) tuottamisen. Näiden uusien innovaatioiden avulla kansalliset meteorologiset ja hydrometeorologiset palvelut (engl. National Meteorological and Hydrometeorological Services, NMHS) voivat tarjota hydrometeorologisia ennusteita ja varoituksia useissa eri muodoissa (graafinen, digitaalinen) perinteisten tekstituotteiden lisäksi. Lisäksi nämä innovaatiot voivat vaikuttaa NMHS-palvelujen toimittamiseen. Digitaalisten tietokantojen ennustaminen ja seuraavan sukupolven työasemat sekä uudet ja uudet IT-järjestelmät ja sovellukset tarjoavat mahdollisuuden parantaa ja integroida edelleen PWS-levitys- ja palvelujen toimitustoimintoja. (WMO, 2008)

Vaisala on kehittänyt teknologiaa tiesääennusteiden tekemiseen. Lähtökohta tarkalle tiesääpalvelulle on käyttää tarkkaa ilmakehän sääennustetta tärkeimpänä syötteenä. Seuraavaksi käytetään tieteellistä mallia tienpinnan tilan määrittämiseksi, esimerkiksi se, onko tie paikallinen sateen vuoksi märkä, jäinen vai luminen - vai miten tie kuivuu tai jäätyy sateen päättymisen jälkeen. Vaisala käyttää tarkkaa tiesäämalli tien pinnan kunnon tarkkaan ymmärtämiseen jokaisella tien osalla. Tarkkaa mallinnusta varten käytetään useita tietolähteitä:

- Sääutka ja satelliitti,
- Tiehavainnot (kiinteät ja liikkuvat anturit),
- Tielikenteen profiili ja määrä,
- Tieluokka, siltojen sijainti,
- Tien kunnossapitotoimet (esim. Jäänpoisto, kyntö).

(Marjava, 2020)

Vaisalan tie-ennuste voi antaa kitka-arviot, veden tai jään syvyyden ja tien pinnan lämpötilan. Kuvassa 22 on esitetty Vaisalan tiesääennustekonsepti.



Kuva 22 Vaisalan tiesääkonsepti. (Marjava, 2020)

Lähteet

- Fintraffic. 2021. Liikenteen digitaalinen tulevaisuus, Mediatilaisuus 13.4.2021.
- Hirvonen Jenny ja Kirves Julia. 2019. Median digitalisoitumisen vaikutukset markkinointiviestintään, opinnäytetyö, Lahden ammattikorkeakoulu, 2019.
- Jungner M. 2015. Otetaan digiloikka! Suomi digikehityksen kärkeen, EK raportti, huhtikuu 2015.
- Kuusisto Tuija ja Kantola Pekka. 2016. ICT-palvelukeskusselvitys sosiaali- ja terveys-huollon uudistuksen näkökulmasta, selvityshenkilöiden loppuraportti, STM 2016:54, 15.9.2016.
- Lehto M., Neittaanmäki P. 2016. Digitalisaatio muuttaa yhteiskunnan ja yksilöiden tapaa toimia, Tiedepolitiikka 1/2016, s, 56–64.
- Marjava P. 2020. Road weather forecasting, Vaisala blog, <https://www.vaisala.com/en/blog/2020-11/road-weather-forecasting>
- Neittaanmäki P. & Lehto M. 2018. Suomen kansalliset SOTE-tiedon lähteet ja tietojen hyödyntäminen, Jyväskylän yliopisto, IT-tiedekunta, tutkimusraportti 49/2018
- Niemelä Esa. 2017. Digitalisaatiolla kaikki tehot irti energiasta, 31.3.2017. <https://www.kehittyvatkaupungit.fi/digitalisaatio/energiateollisuuden-asiantuntija-esa-niemela-digitalisaatiolla-kaikki-tehot-irti-energiasta/#>
- Rakentaja. 2021. Mikä ihmeen älykoti? blogi <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/16713/mika-ihmeen-alykoti.htm>
- Rikala Jenni. 2015. Designing a mobile learning framework for a formal educational context, University of Jyväskylä, Jyväskylä studies in computing, 220, 2015. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-6311-8>
- SIRA. 2018. Hyvinvointidata. <http://www.sitra.fi/hyvinvointi/hyvinvointidata>
- STM. 2014. Tieto hyvinvoinnin ja uudistuvien palvelujen tukena - Sote-tieto hyötykäyttöön -strategia 2020.

- TE. 2020. Suomesta mallia verotuksen digitalisointiin ja automatisointiin, on-line info. <https://teknologiateollisuus.fi/fi/vaikutamme/talous-ja-verotus/suomesta-mallia-verotuksen-digitalisointiin-ja-automatisointiin>
- UKEssays. 2018. Weather Forecasting with Digital Signals. Retrieved from <https://www.ukessays.com/essays/engineering/digital-signals-processing-in-weather-forecasting.php?vref=1>
- Valtiokonttori. 2021. Reaaliaikatalous, on-line info. <https://www.valtiokonttori.fi/palvelut/julkishallinnon-palvelut/valtion-konsernipalvelut/reaaliaikatalous/>
- Watanabe Chihiro and Ilmola Leena. 2018. Digitalization of Global Economy and Public Sector Funding, Reports on Scientific Computing and Optimization 1/2018.
- Watanabe C., Tou Y. and Neittaanmäki P. 2018. A New Paradox of the Digital Economy: Structural Sources of the Limitation of GDP Statistics, Technology in Society 55 (2018) 9-33.
- WMO. 2008. Innovations and New Technology for Improved Weather Services, bulletin Vol 57 (4) – 2008.

5 DIGITALISAATION KESKEISET OSA-ALUEET

“Clearly, the thing that’s transforming is not the technology — the technology is transforming you.”

- Jeanne W. Ross, MIT Sloan’s Center for Information Systems Research.

Olemme jakaneet digitalisaation keskeisimmän osa-alueet kymmeneen eri ryhmään:

1. Massadata ja tietoaaltat,
2. Tekoälysovellutukset,
3. Tekoälypohjaiset datankäsittelytekniikat,
4. Esineiden Internet (IoT) ja sensorinen data,
5. Lohkoketjut ja älysopimukset,
6. Robotti, robotiikka ja robotisaatio,
7. Digitaalisen toimintaympäristön kyberturvallisuus,
8. Digitaaliset palvelualustat,
9. Laskennallinen ajattelu simuloinnissa ja mallinnuksessa, digitaaliset kaksoiset
10. Digitalisaatioon liittyvät tietoliikennetekniikat.

IT-tiedekunta on laatinut Keski-Suomen liitolle raportin, jossa laajasti arvioidaan em. osa-alueiden merkitystä eri yrityksille ja toimialoille vuonna 2021, 2030 ja 2040. (Neit-taanmäki, Lehto, Savonen, 2021)

5.1 Massadata ja tietoaaltat

EU komissio totesi jo vuonna 2014, että ”todistamme parhaillaan uutta teollista vallankumousta, jonka taustavoimina ovat digitaalinen data, tietokoneistuminen ja automatisoituminen. Ihmisten toiminta, teolliset prosessit ja tutkimus johtavat kaikki datan keräämiseen ja käsittelyyn ennen näkemättömässä mittakaavassa. Tämä vauhdittaa uusien tuotteiden ja palvelujen sekä uusien liiketoimintaprosessien ja tieteellisten menetelmien syntymistä.” (EU komissio, 2014)

Datatieteen (engl. Data Science) avulla voidaan suurista aineistojoukoista saada esiin relevantteja tuloksia. Datatiede on läheisessä yhteistyössä koneoppimisen ja tiedonlouhinnan kanssa laajentaen tutkimusalueita ja metodeja sosiaaliseen mediaan, Internetin rakenteettomaan aineistoon ja käyttäen hyväksi Big data -teknologioita ja suurteholaskentaa. (Kelleher & Tierney, 2018)

5.1.1 Big Data

Digitalisaatio, massadata (engl. Big data) ja tekoäly liittyvät toisiinsa. Digitalisaation myötä eri muotoisien datojen määrä on radikaalisti lisääntynyt ja Big data -termin käyttö on yleistynyt. Big datalla tarkoitetaan massiivista tietojoukkoa, joka sisältää strukturoitua ja ei-strukturoitua tietoa, kuvia, äänitteitä ja videoita. Datan lähteitä ovat mm sensorit, kirjalliset ja kuvadokumentit, terveysdata, yritysten data, liikennedata, satelliittidata jne. Sensoreita on eri laitteissa kohta satoja miljardeja ja niiden määrän ennustetaan kasvavan vuoteen 2030 mennessä noin 100 triljoonaan.

Datan asema yhteiskunnassa on radikaalisti muuttumassa ja sen määrä kasvaa eksponentiaalisesti. Jo nykyisellään tallessa olevan datan määrä on valtaisa, ja arvioiden perusteella siitä vain noin 20 % on jollakin tavoin saatu käsiteltyä.

Googlen hallituksen puheenjohtaja Eric Schmidt totesi puheessaan vuonna 2010, että 5 eksatavua (EB) (10^{18}) dataa on luotu ihmiskunnan alkua ajoista vuoteen 2003 mennessä. Nyt lähes 10 eksatavua dataa syntyy joka päivä. Globaali datan määrä on kasvanut vuoden 2010 1,2 zetatavusta (ZB) 18 ZB:iin vuonna 2018 ja sen arvioidaan kasvavan 40 % vuodessa seuraavan vuosikymmenen aikana.

5.1.2 Big Data analyysi

Digitalisaatio on kasvattanut datan määrää ja asemaa yhteiskunnassa radikaalisti. Siinä jalostettu ja analysoitu data on yhä keskeisempi tuottavuutta ja kilpailukykyä voimistava tekijä sekä datan tuottaminen ja jalostaminen tulevat merkittäviksi liiketoiminnan alueiksi. Datan perusteella luodun tiedon esittämisen muodot ja keinot monipuolistuvat ja data-analyysi muuttaa merkittävästi digitaalista palvelutuotantoa. Tämä kehityksen vuoksi suurien datamassojen käsittelystä on muodostunut uusi tieteen paradigma ja data-analyysi on yksi voimakkaimmin kasvavista teknologia-alueista.

Big data -tutkimusmenetelmien kehitys tuo eri tieteenalojen tutkijoille parempia mahdollisuuksia tutkia erilaisia asioita ja löytää ongelmiin myös ratkaisuja. Big Data -tutkimuksen menetelmäkehityksen lisäksi on tärkeää ottaa huomioon monitieteisyys ja edistää eri tieteenalat ylittävää työskentelyä, muun muassa matemaatikkojen, tietojärjestelmätieteilijöiden ja yhteiskuntatieteilijöiden kesken.

Uuden teollisen vallankumouksen taustavoimina ovat digitaalinen data, tietokoneistuminen ja automatisoituminen. Ihmisten toiminta, teolliset prosessit ja tutkimus johtavat kaikki datan keräämiseen ja käsittelyyn erittäin suuressa mittakaavassa. Tämä vauhdittaa uusien tuotteiden ja palvelujen sekä uusien liiketoimintaprosessien ja tieteellisten menetelmien syntymistä. Syntyvät monimutkaiset data-aineistot ovat niin suuria, että tämä dataintensiivisyyden kasvu edellyttää uusia data-analyysin hallintatyökaluja, jotta aineistosta on saatavissa relevantteja vastauksia päätöksentekoon. Tässä analyysissä tarvitaan kognitiotieteen metodeja, jotta voidaan tehokkaasti tutkia käyttäjäpsykologiaa, järjestelmien käytettävyyttä, laitevuorovaikutusta, teknologian, ihmisten ja digiyhteiskunnan vuorovaikutusta sekä ihmisten suhdetta uusiin digitaalisiin tuotteisiin.

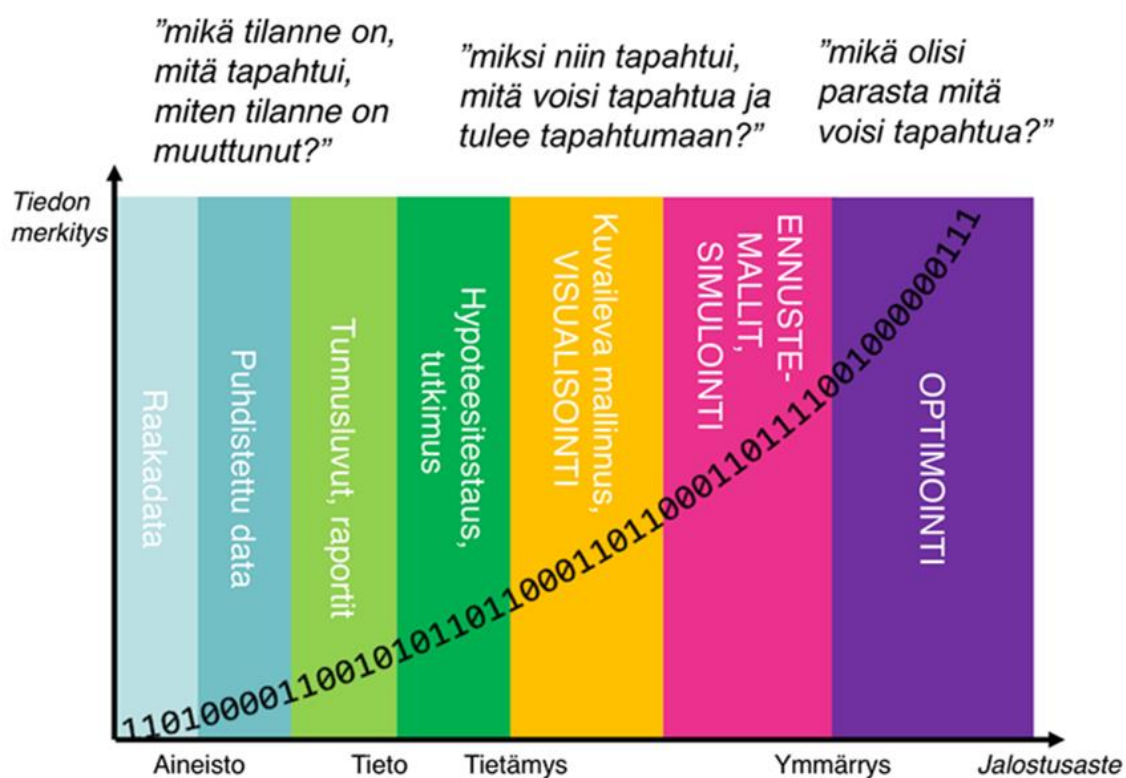
Kyky jalostaa ja analysoida dataa tehokkaasti onkin yhä keskeisempi yhteiskunnan tuottavuutta ja kilpailukykyä voimistava tekijä. Suurien datamassojen käsittelystä ja analyysistä on muodostunut uusi tieteen paradigma ja tapahtuva muutos tarjoaa paljon tehtäviä tutkimukselle ja opetukselle. (Lehto & Neittaanmäki, 2016)

Uusia datalähteitä syntyy internet-ympäristöön nopeassa tahdissa ja näiden uusien datavarantojen rakenteet ovat uudenlaisia. Teollinen internet tuo datavarantoihin automaatio- ja sensorijärjestelmien protokollien mukaisesti järjestettyä dataa mikä vaatii uudenlaista datan käsittelyä. Staattisen datan käsittely poikkeaa merkittävästi dynaamisen, jatkuvasti virtaavan datan käsittelystä. Datavarannoista voidaan tehokkaalla käsittelyllä ja analyysillä tuottaa lisäarvoa kansantalouteen. Tulevaisuuden digitaalisessa yhteiskunnassa merkittävä osa bruttokansantuotteesta syntyykin datajalostuksen avulla. (Lehto & Neittaanmäki, 2016)

Data-analyysi = datan jalostamista muotoon, missä se paljastaa salaisuutensa, eli missä sitä pystyy tulkitsemaan ja missä se muuttuu tiedoksi. Data-analyysin lähestymistavat:

- Klassinen data-analyysi perustuu tilastollisilla menetelmillä testattaviin hypoteeseihin ja aineistosta laskettaviin tunnuslukuihin.
- Analyysiä voidaan tehdä myös ”data ensin”, jolloin katsotaan, mitä se osaa meille kertoa?
 - Eksploratiivisen data-analyysin työkalut etsivät datasta kaavoja / rakennetta (engl. pattern).
- Data voidaan sovittaa malliin (esim. käyttämällä koneoppimista), jolloin voidaan ennustaa, simuloida ja optimoida.

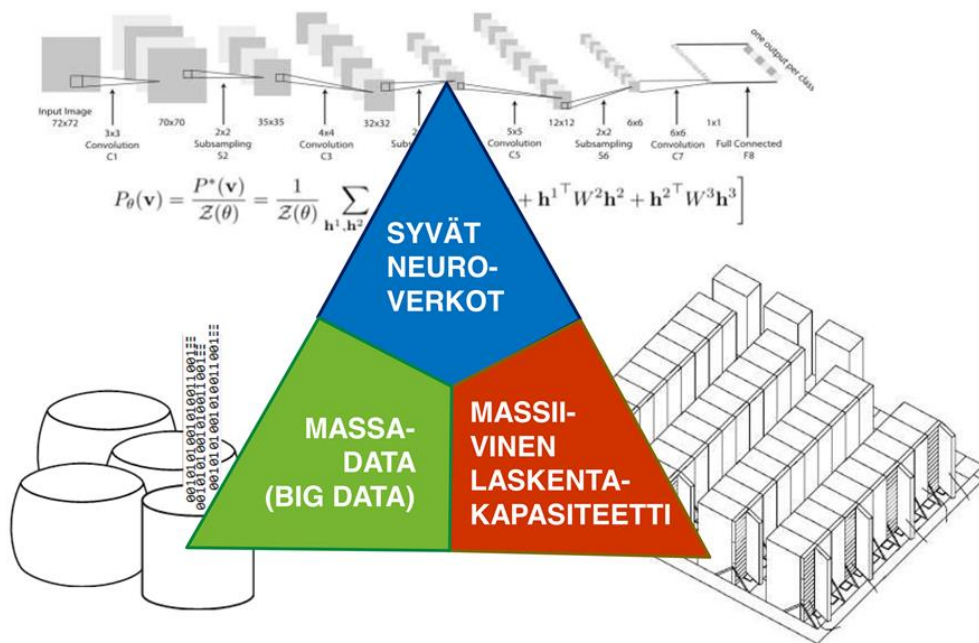
Kuvassa 23 on esitetty tiedon jalostusasteet.



Kuva 23 Tiedon jalostusasteet.

Datasta jalostetun tiedon sekä ihmisten ja systeemien interaktiivisuuden kasvaessa päätöksenteon optimoinnin tarve kasvaa. Haasteena on relevanttien päätösvaihtoehtojen tunnistaminen ja mallintaminen. Olemme siirtymässä perinteisestä tietokonelaskennasta kognitiivisen tietojenkäsittelyn aikakauteen. Big datan tutkimuksessa ja opetuksessa voidaan kognitiivisen tietojenkäsittelyn avulla käsitellä verkottuneen ympäristön kasvavaa datamäärää luomalla luonnollisella kielellä tapahtuvaa interaktiivista vuorovaikutusta tuottamaan relevantteja vastauksia käsiteltäviin ongelmiin. (Lehto & Neittaanmäki, 2016)

Kuvassa 24 tekoälyn uusi tuleminen Big data- ja suurteholaskentaympäristössä.



Kuva 24 Tekoälyn uusi tuleminen Big data- ja suurteholaskentaympäristössä.

Big dataa voidaan hyödyntää monilla tutkimusaloilla informaatioteknologian ja tietojärjestelmätieteiden ohella. Esimerkiksi biotieteiden, fysiikan, kognitiotieteen, psykologian ja taloustieteen aloilla big data -kehityksestä ja -menetelmistä on saatavissa selkeitä hyötyjä ja mahdollisuuksia tutkimuksen kehittämiseen.

5.1.3 Tietoaltaat

Syntyvät aineistot ovat niin suuria ja monimutkaisia, että niiden käsittely on mahdotonta perinteisillä datanhallintatyökaluilla ja -menetelmillä. Tekniikan saavutukset mahdollistavat kuitenkin kokonaan uusia tapoja käsitellä ja analysoida massiivisia aineistoja. Ohjelmistojen määrän kasvu ja sulautuminen yhä tehokkaampiin suorittimiin ja sensoreihin sekä yhä luotettavampaan elektroniikkaan saa aikaan innovoinnin supersyklin. Raakadatan reaaliaikainen tallennus hajautuu usealle tasolle (keskitetty, alueellinen, henkilökohtainen). Tiedot tallennetaan erilaisiin tietokantoihin, tietoaltaisiin (engl. Data Lakes) (sisältää rakenteellista ja ei-rakenteellista dataa). Data analysoidaan lokaalisti reaaliaikaisesti järjestelmässä olevan analysointitekniikoiden avulla tai paikallisissa tai globaaleissa datan käsittelykeskuksissa pilvipalveluina. (Lehto & Neittaanmäki, 2016)

Organisaatioiden päätöksenteon tueksi tarvitaan nopeasti ja laadukasta tietoa. Koska tiedot ovat hajallaan eri järjestelmistä alettiin rakentaa ns. ”perinteisiä” tietovarastoja (engl. Data Warehouse) 1990-luvun alusta saakka, toteutuslupana SQL-kieltä hyödyntävät relaatiotietokannat. Perinteiset toimintatavat eivät pysty vastaamaan massadatan (Big Data) synnyttämiin haasteisiin. Niihin voidaan säilöä vain rajallinen määrä kaikesta organisaatioissa syntyvästä tiedosta. Kun tieto sijaitsee useissa erillisissä paikoissa, ns. siiloissa, siihen on vaikea päästä käsiksi, ja eri tietolähteitä on vaikea yhdistellä. Tämä on periaatteessa vanha ongelma, mutta tietoaltaat ratkaisevat sen tuomalla kaiken organisaatiossa syntyvän tiedon yhteen. (Khine & Wang, 2018)

Tietoallas on järjestelmä, jonka avulla suuri määrä raakatietoa voidaan tiivistää ja jalostaa päätöksentekoon sopivaksi. Teknologia syntyi 2000-luvun alussa Googlen kahden konferenssijulkaisun pohjalta. Niissä esiteltiin sekä hajautettu tiedostojärjestelmä GFS ja rinnakkaislaskentaan tarkoitettu MapReduce-algoritmi. Yahoolla työskennellyt Doug Cutting alkoi rakentaa vastaavia avoimen lähdekoodin komponentteja yhdessä Mike Cafarellan kanssa, mutta projektille ei ollut aluksi nimeä. Doughin lapsella oli kuitenkin leikkielefanti Hadoop, jonka nimi oli helppo lausua eikä tarkoittanut mitään.

Avoimeen lähdekoodiin ja Hadoop-järjestelmään perustuvat tietoaltaat ja massadata ovat uusi paradigma. Perinteisen ja hyödyllisen sekä rakenteisen tietovarastoinnin rinnalle on syntynyt tekniikka, jota voidaan käyttää ketterästi suurten tietomäärien yhdistämisessä. Esimerkkejä tästä ovat potilaan monitorointi ja seuranta, tietojen yhdistäminen sadoista eri lähteistä, hahmontunnistus ja merkityksellisten muuttujien automaattinen löytäminen. Massadataa voi verrata mikroskoopin tai teleskoopin keksimiseen, jolloin on mahdollista nähdä ilmiöitä, joita ei ole aikaisemmin voitu havaita tai tutkia. Järjestelmän ollessa avoin, tekniikkaan perehtyneiden on lisäksi mahdollista toteuttaa siihen parannuksia.

Tietoaltaalla ei ole vakiintunutta määritelmää tai arkkitehtuuria, mutta se määritellään yleensä varastoksi, jossa raakadataa säilytetään sen alkuperäisessä muodossaan (Ravat & Zhao, 2019). Tietoaltaan idea on, että kaikki organisaation tieto tallennetaan yhteen tietorakenteeseen eli tietoaltaaseen ilman monimutkaista prosessointia ja muokkaamista, joita tarvittaisiin tiedon lataamiseksi perinteiseen tietovarastoon. Tietoaltaaseen ladattava tieto voi olla rakenteista, rakenteetonta, heikosti rakenteista tai bittimuotoista ja eri tietoa voidaan ladata altaaseen eri aikataululla erissä, reaaliajassa tai tietovirtana. Tallennusvaiheessa tietoon yhdistetään metadataa. (Khine & Wang, 2018) Tietoaltaat toteutettiin aluksi Hadoopilla, joka on avoimena lähdekoodina toteutettu hajautettu tiedostojärjestelmä. Nykyään Amazon, Google ja Microsoft sekä muut toimijat tarjoavat vastaavia palveluja helpommin käsiteltävinä ohjelmistokokonaisuuksina ja etenkin pilvipalveluina.

Tietoallas voi perustua erilaisille arkkitehtuureille. Yksinkertaisin niistä on litteä arkkitehtuuri, joka tallentaa kaiken raakadatan sen alkuperäisessä muodossa. Tämä arkkitehtuuri liittyy Hadoop-ympäristöön ja mahdollistaa runsaan ja heterogeenisen tiedon lataamisen alhaisin kustannuksin. Se ei kuitenkaan anna käyttäjien prosessoida tietoa eikä tallenna käyttäjien tekemiä operaatioita. Monimutkaisemmat arkkitehtuurit koostuvat useammasta pienemmästä tietoaltaasta (data ponds). Ravat'in ja Zhaon (2019) mukaan tietoallas ei korvaa tietovarastoja, sillä niillä on osittain erilaiset tavoitteet ja käyttäjät.

Isot datakeskukset tarjoavat globaalisti palveluita. Datakeskukset kuluttavat merkittävästi energiaa ja tuottavat lämpöä. Datakeskuksista on tullut keskeinen osa energiatalouden kehitystä. Ympäristön kannalta on tärkeää datakeskusten energiatehokkuus ja uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen. Intensiivinen laskenta datakeskuksissa tuottaa suuria määriä hukkalämpöä. Datakeskukset vaikuttavat myös alueelliseen kaukunki-infraan esim. pääkaupunkiseudulla.

Datan jatkojalostamisessa yhdistetään erilaisia tietolähteitä ja yhdistetään tyypillisesti strukturoitua (numeerista) ja ei-strukturoitua (teksti, kuva, ääni) tietoa. Esimerkkinä potilasdata, jossa on potilaasta koottua numeerista tietoa (veriarvot, paino, pituus jne.) ja ei-strukturoitua tietoa kuten kuvantamisdata (röntgen, MRI, jne.) ja sanallinen potilaskertomisdata.

Tietoaltaan perustoiminnot koostuvat kuudesta osakokonaisuudesta, jotka on esitetty kuvassa 25. (Neittaanmäki ym., 2019)



Kuva 25 Tietoaltaan perustoiminnot

5.1.4 Tarvitaan suurteholaskentaa

Supertietokoneet kehittyvät muodostaen kokonaisuuksia (engl. Exascale Computer Systems), joissa on 10–100 miljoonaa prosessointiyksikköä (-ydintä). Exascale-laskennalla tarkoitetaan laskentajärjestelmiä, jotka pystyvät laskemaan vähintään 10^{18} liukuluukuoperaatiota sekunnissa (engl. 1 exa FLoating Point Operations Per Second, FLOPS). Huhtikuussa 2020 The Distributed Computing Folding@home Folding @ home -verkko saavutti 1 exa FLOPS:n laskentatehon. Useat maat ovat kehittäneet supertietokoneiden laskentakykyä. Marraskuusta 2020 lähtien Yhdysvalloissa on kolme viidestä nopeimmasta supertietokoneesta maailmassa.

Big data mahdollistaa asioiden tekemisen uudella tavalla. Tietojärjestelmäkehityksessä algoritmien ja analytiikan kehittämisestä tulee suurempi investointialue. Fyysisiä laitteita, käyttöjärjestelmiä ja tietokantoja merkittävimiksi kehittämiskohteiksi tulevat käyttöliittymät, visualisointi, analysointi ja algoritmien rakentaminen.

Pelkästään Kelan tietojärjestelmissä on yli petatavun (10^{15} tavua) verran tietoa, joka vastaa noin 8 000 000 gigabittiä. Jos tiedonsiirtoon on käytettävissä 1 Gbit/s tiedonsiirtoyhteys, niin tiedon siirtäminen kestää noin kolme kuukautta. Tämän vuoksi datan siirtämisen ja useassa paikassa tallentamisen sijasta, on em. käytännön syistä välttämätöntä,

että SOTE-data keskitetään fyysisesti yhteen paikkaan. Perussääntöjä on viedä laskenta sinne missä data on, joten laskentapalvelut tulee tarjota samasta paikasta kuin missä datakin on.

Vaativien tekoälysovellusten tehokas kehittäminen ja käyttö edellyttää suurta laskentakapasiteettia, jonka kustannukset voivat olla merkittäviä. Nopeasti kehittyvä kvanttilaskenta avaa kokonaan uusia mahdollisuuksia tekoälyn hyödyntämiselle entistä vaativimmissa sovelluksissa. (TEM, 2020)

Esimerkiksi genomidataa oli käytössä vuonna 2018 yli 20 petatavua (tämä koskee noin 10 % väestöstä). Näin suuren tietomäärän siirtäminen toiseen tietojärjestelmään kestää hyvin pitkän ajan. Mikäli Kanta-järjestelmä ja biopankkien data sijoitetaan eri paikkoihin, tietojen yhdistäminen on vaikeaa.

5.1.5 Tarvitaan kvanttilaskentaa

Klassisen informaation perusyksikkö on bitti, kun taas kvantti-informaation perusyksikkö on kubitti. Klassista informaatiota mitataan Shannonin entropialla, kun taas kvantti-informaatiota mitataan von Neumannin entropialla. (Heinonen, 2021)

Kvanttilaskennan teho perustuu kahteen kvanttimekaniikan kulmakiveen eli superpositioon ja lomittumiseen. Qiskit on ohjelmistokehityspaketti (engl. Software Development Kit, SDK), joka hyödyntää näitä kvanttimekaanisia sääntöjä käyttäen kielenään kvanttipiirejä. Kvanttipiirit, jotka koostuvat kvanttiporteista, käskyistä ja klassisesta kontrollilogiikasta, mahdollistavat monimutkaisten algoritmien ja sovellusten ajamisen kvanttitietokoneessa. Qiskit on pohjimmiltaan moottori kvanttipiirien tekemiseen, optimointiin ja ajamiseen. Ylimääräiset algoritmi- ja sovelluskerrokset hyödyntävät kvanttipiirejä, usein yhdessä klassisten laskentaresurssien kanssa, ratkaistakseen ongelmia optimoinnissa, kvanttikemiassa, fysiikassa, koneoppimisessa ja taloudessa. (Heinonen, 2021)

Kvanttilaskenta tuo paljon laskentatehoa, mutta valitettavasti mukana tulee suuria rajoituksia. Kvanttilaskennan on oltava reversiibeliä. Reversiibeliys vaatii riittävästi informaation säilyttämistä, jotta laskennan välivaiheet voidaan palauttaa takaisin. Toinen suuri rajoitus kvanttilaskennassa on kubittien kopioinnin mahdottomuus, joka johtuu kvanttimekaniikan ei-kloonaamista-teoreemasta. Superpositiotila nimittäin romahtaa, kun tila mitataan. Myöskään esimerkiksi silmukkarakenteita ei oikein kvanttialgoritmeissa voi käyttää. Edellisistä rajoituksista voidaan päätellä, että kvanttitietokone ei kokonaan syrjäytä perinteistä klassista tietokonetta, vaan ratkaisu tulee olemaan niiden yhteistoiminnallinen ratkaisu. (Heinonen, 2021)

OECD:n digitaalisen ekonomian näkemyksen mukaan kesäkuussa 2020 yli 60 valtiolla oli kansallinen strategia tai ohjeistuksia liittyen tekoälyyn. Monet maat kehittävät myös hajautetun tilikirjan teknologioita, jotka usein tunnetaan paremmin lohkoketjuina. Kolmas kiinnostava teknologiatrendi on kvanttilaskenta. Yhdysvallat hallitsee kvanttilaskennan, Eurooppa kvanttimekaniikan (fysiikan näkökulmasta) ja Kiina kvanttiviestinnän ja kvanttikryptografian. (Heinonen, 2021)

Kvanttiavainten jakaminen (engl. Quantum key distribution, QKD) näyttelee tärkeää roolia kyberturvallisuuden työkaluna tulevaisuudessa. Kvanttiavainten jakamisprotokollan kehittivät Charles Bennett ja Gilles Brassard vuonna 1984. Se oli ensimmäinen kvanttikryptografiaprotokolla, joka käytti kvanttimekaniikan lakeja kuten ei-kloonaamista, todistetusti turvallisten avainten luontiin. Sen toiminta perustuu siihen, että on mahdotonta saada informaatiota tunnistamaan kahta ei-ortogonaalista tilaa ilman, että signaali häiriintyy. Käyttäen QKD-menetelmiä tieto pystyttäisiin pitämään salassa myös kvanttietokoneita käyttävien salauksenpurkumenetelmien yleistyessä. (Heinonen, 2021)

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine raportin toisen avainhavainnon mukaan valtioiden rahoitusta tarvitaan, jos lähitulevaisuuden kvanttietokoneet eivät menesty kaupallisesti, estämään merkittävää vähenemistä kvanttilaskentatutkimuksessa ja -kehityksessä. (Grumbling & Horowitz, 2019)

TEM raportin mukaan ”Kvanttitekniologia ja sen sovellukset tulevat mullistamaan perinteisiä teollisuudenaloja. Samalla ne luovat kokonaan uuden kvanttitekniologian teollisuudenalan. Kvanttilaskenta ja myös nykyisten supertietokoneiden kehittyminen mahdollistavat entistä kompleksisempien, systeemisten ongelmien mallintamisen ja ratkaisun. Erityisesti kvanttilaskennasta odotetaan tulevaisuudessa suurta tuottavuusloikkaa eri teollisuudenaloille. Kvanttilaskennan ensimmäisten sovelluskohteiden odotetaan olevan erilaisia optimointitehtäviä esimerkiksi finanssimarkkinoilla, teollisuuden prosesseissa sekä materiaalien kehityksessä.” (TEM, 2020)

Edelleen TEM:n mukaan ”Tulevaisuudessa voidaan odottaa kvanttietokoneen vaikuttavan myös tapaan, jolla tekoälyä käytetään. Lisäksi kvanttilaskenta ja muut teknologiat mullistavat myös tietoliikenteen ja tietoturvan: syntyy kvantti-internet, joka mahdollistaa entistä turvallisemman ja laskentateholtaan suuremman tietoverkon. Lisäksi kvanttitekniologiset anturit mahdollistavat entistä tarkemmat mittaukset ja uudenlaiset mitaussovellukset, jotka tuottavat tietoa kvantti-internetin käsiteltäväksi. Kvanttietokoneita kehitetään parhaillaan kiivaasti, ja edistystä tarvitaan useilta tieteen ja teknologian aloilta, kuten suprajohdeista ja kylmäfysiikasta, mikroelektronikasta ja fotonikasta. (TEM, 2020)

5.1.6 Tarvitaan tehokasta tiedonsiirtoa

Huippunopeat ja toimintavarmat laajakaistayhteydet ovat keskeinen edellytys viestintämarkkinoiden kehittymiselle. Laajakaistasta on tullut välttämättömyshyödyke, jonka merkitys on monelle palvelulle ja liiketoiminnalle lähes kriittinen. Pilvipalveluohjelmistojen käyttö vaatii hyviä tietoliikenneyhteyksiä.

Tietoliikenneverkkokehityksessä tarvitaan erilaisten teknologioiden yhdistelmiä ja jossa taataan laajakaistan yleinen saatavuus (kiinteän ja langattoman tekniikan yhdistelmällä) siten, että liittymänopeuksissa päästään asteittain vähintään arvoon 30 Mbit/s, ja pidemmällä aikavälillä edistetään ultranopeat internetyhteydet (yli 100 Mbit/s) mahdollistavien seuraavan sukupolven liityntäverkkojen (engl. Next Generation Access, NGA) käyttöönottoa. (EU komissio, 2010)

5G-verkot ovat uuden sukupolven mobiiliverkkoja, jotka mahdollistavat aiempaa nopeammat ja luotettavammat yhteydet mobiililaitteille. Lähivuosina mobiiliverkon tyypillinen nopeus nousee nykyisestä noin 100 megabitistä sekunnissa vähintään 1 gigabittiin sekunnissa. Nopeudet siis käytännössä kymmenkertaistuvat nykyisestä. 5G tarkoittaa niin sanottua viidennen sukupolven datayhteyttä mobiiliteknikassa, joka mahdollistaa myös esineiden laajenemisen itseohjautuviin robottiajoneuvoihin, terveydenhuollon automaattisiin valvontalaitteisiin ja edistyneeseen teollisuusautomaatioon. Myös virtuaalitodellisuuden kokeminen älypuhelimien avulla tulee mahdolliseksi 5G:n myötä.

Kuluttajien kannalta nopeat 5G-yhteydet tulevat näkymään arjessa esimerkiksi turvallisempina liikenteenä, nopeampana mobiiliverkkona sekä laadukkaampina livestriimeinä. 5G:n hyödyt ovat vielä merkittävämmät teollisuuskäytössä, sillä uusi verkkoteknologia mahdollistaa lukuisten sensoreiden samanaikaisen liittämisen nopeaan mobiiliverkkoon, jossa on alle yhden millisekunnin viive. (Nurmela, 2021) Yhdessä kuituverkkojen kanssa muodostuu hyvin kompleksinen ja kooltaan valtava tiedonsiirtoverkkoinfrastruktuuri.

Samsung esitteli vuonna 2020 suunnitelmiaan tulevaisuuden 6G verkon suhteen ja tarkoituksena olisi, että verkkoa voitaisiin päästä käyttämään jo vuonna 2028. 6G-verkon olisi tarkoitus ylittää 1000 gigabitin sekuntinopeuteen, jolloin se olisi jopa 50 kertaa 5G-verkkoa nopeampi ja viive olisi myös moninkertaisesti pienempi. Samsungin visioissa 6G mahdollistaisi tarkkojen virtuaaliympäristöjen ja hologrammigrafiikan suoratoiston. Kehittyneiden sensoreiden, tekoälyn ja viestintäteknologian avulla niin esineistä kuin ihmisistäkin voitaisiin tehdä tarkkoja jäljennöksiä virtuaalimaailmoissa. Samsungin mukaan nopeaa tiedonsiirtoa tarvitaan, sillä maailmassa on vuoteen 2030 mennessä arviolta 500 miljardia internetiin yhteydessä olevaa laitetta. (Isokivi, 2020)

Lähteet

- EU komissio. 2010. Euroopan digitaalistrategia, KOM(2010) 245 lopullinen, Bryssel 26.8.2010, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0245:FIN:FI:PDF>
- EU komissio. 2014. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle, Kohti menestyvää data-vetoista taloutta, COM(2014) 442 final, Bryssel 2.7.2014.
- Grumbling Emily and Horowitz Mark, Editors. 2019. Quantum computing - Progress and prospects. Consensus Study Report, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.
- Heinonen Henri. 2021. Katsaus kvanttilaskentateknologiaan ja sovellutuksiin, Jyväskylän tiedekunta, tutkimusraportti, 88/2021.
- Isokivi, T. 2020. Samsung ideoi jo 6G -verkkoa – Tulossa vuonna 2028? Saatavilla 11.1.2021 <https://www.stara.fi/2020/07/17/samsung-ideoi-jo-6g-verkkoa-tulossa-vuonna-2028>
- Kelleher John D, and Tierney Brendan. 2018. Datatiede, Terra Cognita Oy, Helsinki 2021.

- Khine, P. P., & Wang, Z. S. 2018. Data lake: a new ideology in big data era. Teoksessa ITM Web of Conferences, 17 (1–10).
<https://doi.org/10.1051/itmconf/20181703025>.
- Lehto M., Neittaanmäki P. 2016. Big datan ja data-analyysin tutkimus ja opetus vahvistavat kansallista digiloikkaa, Futura 2/2016, s. 41–56.
- Neittaanmäki P., Lehto M., Savonen M. Keski-Suomen digitalisaatiostrategian esiselvitys, raportti Keski-Suomen liitolle, 12.1.2021.
- Neittaanmäki P., Tuominen H., Äyrämö S., Vähäkainu P., Siukonen T. (toim.). 2019. Tekoäly ja terveydenhuolto Suomessa, VFH ja WHC-hankkeiden loppuraportti n:ro 1, Jyväskylän yliopisto, IT-tiedekunta, 2019.
- Ravat, F. & Zhao, Y. 2019. Data Lakes: Trends and Perspectives. International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2019), Linz, Austria, 2019.
- TEM. 2020. Tekoäly 4.0 -ohjelma, Ensimmäinen väliraportti: käynnistysvaiheesta toteutusvaiheeseen, TEM julkaisuja, 2020:29.

5.2 Tekoälysovellukset ja tekoälypohjaiset datankäsittelytekniikat

5.2.1 Tekoälyn määrittelyä

Tekoäly, koneoppiminen ja älykkäät laitteet ovat ICT-alan tutkimus- ja konsultointiyritys Gartnerin mielestä keskeiset strategiset megatrendit tulevaisuudessa. Tekoäly ja koneoppiminen ovat saavuttaneet sellaisen kypsyyssasteen, joka laajentaa virtuaalista todellisuuttamme uusissa palveluissa ja sovelluksissa. Tekoäly ja koneoppiminen käsittävät sellaisia teknologioita kuin syväoppiminen, syvät neuroverkot ja luonnollisen kielen käsittely. (Neittaanmäki & Lehto, 2018)

Teknologia synnyttää lisää teknologiaa, joten tekniikan leviämisen merkitys on potentiaalisesti suurempi kuin alkuperäisen keksinnön merkitys. Tämän kehityksen yksi ominaisuus on, että edetään yksinkertaisesta monimutkaisempaan. Tekoälyn kehitystä onkin edeltänyt yli kahden sadan vuoden kehitys elektroniikassa ja viimeisten vuosikymmenten kehitys digitaalitekniikassa. Tekoäly rakentuu kiihtyvä informaatio- ja digitaalitekniologian evoluution pohjalle.

Tekoäly on laaja sateenvarjotermi, jonka tarkoituksena on saada tietokoneet ajattelemaan, kuten ihmiset ajattelevat ja simuloimaan asioita, joita ihmiset tekevät ja lopulta ratkaisemaan ongelmia paremmin ja nopeammin kuin ihmiset kykenevät ratkaisemaan. Tehtävätyypit voivat olla muun muassa luovia tehtäviä, suunnittelua, liikkumista, puhumista, objektien ja äänien tunnistamista, sosiaalisten ja liiketoiminnallisten transaktioiden suorittamista. (Buczowski, 2017)

Tekoäly voidaan määritellä keinotekoisena älykkyytenä, jonka avulla voidaan ratkaista monimutkaisia ongelmia kyseisen järjestelmän ollessa tietokone tai kone. Tekoäly on tietotekniikan ja fysiologisen älykkyyden yhdistelmä, joiden avulla voidaan laskennallisesti päästä tavoitteisiin. Älykkyys on kyky ajatella luomalla muistia ja ymmärrystä, tunnistamalla malleja, tekemällä muutokseen sopeutuvia valintoja ja oppimalla kokemuksista. Tekoäly voi saada koneet käyttäytymään, kuten ihmiset, mutta ihmismäisemmällä tavalla ja paljon vähemmällä ajalla, mitä ihmiset käyttäisivät jonkin tietyn asian ratkaisemiseen. (Neittaanmäki & Lehto, 2018)

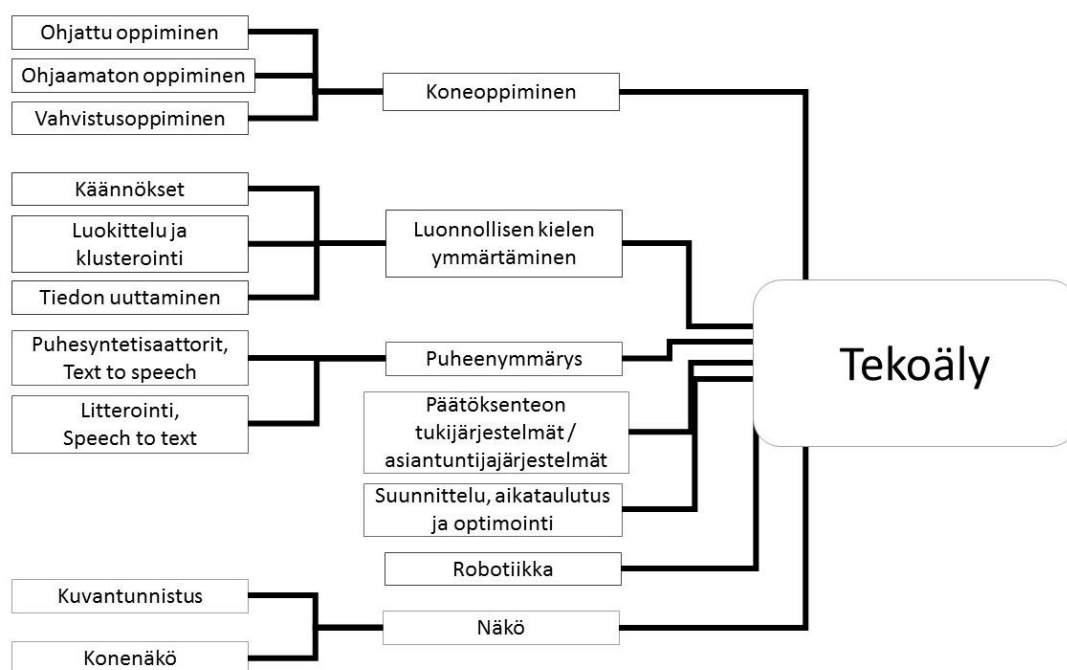
Tekoäly voidaan nähdä keinotekoisena älykkyytenä, jonka avulla voidaan ratkaista monimutkaisia ongelmia kyseisen järjestelmän ollessa tietokone tai kone. Tekoäly on tietotekniikan ja fysiologisen älykkyyden yhdistelmä, joiden avulla voidaan laskennallisesti päästä tavoitteisiin. Älykkyys on kyky ajatella luomalla muistia ja ymmärrystä, tunnistamalla malleja, tekemällä muutokseen sopeutuvia valintoja ja oppimalla kokemuksista. Tekoäly voi saada koneet käyttäytymään, kuten ihmiset, mutta paljon vähemmällä ajalla, mitä ihmiset käyttäisivät jonkin tietyn asian ratkaisemiseen. (Borana, 2016)

Tekoälyn kehityskulku alkoi jo 1950-luvulla ja on jatkunut aina nykypäivään saakka mahdollistaen tietokoneille matkia ihmisten älykkyyttä käyttämällä logiikkaa, jos-sitten (If-Then) -sääntöjä, päätöspuita, kone- ja syväoppimista. Koneoppiminen on tekoälyn osa-

alue, joka käyttää tilastollisia teknologioita, jotka mahdollistavat koneiden oppivan kokemuksista. Kattegoria sisältää myös syväoppimisen. Syväoppiminen on koneoppimisen osa-alue muodostuen algoritmeista, jotka mahdollistavat ohjelmiston itseoppimisen tehtävien suorittamiseksi, kuten puhe, kuvantunnistus jne. käyttämällä hyväksi neuroverkkoja suuren datamäärän käsittelemiseksi. (Parloff, 2016; Copeland, 2016)

Datan käsittelyssä käytetään tilastollisia menetelmiä, jotka useissa tapauksissa ovat koneoppimis pohjaisia. Kokonaisuutta hallitaan entistä yleisemmin tekoälypohjaisilla menetelmillä.

Nykypäivän todellisuutta on niin sanottu suppea tekoäly, joka tarkoittaa soveltavalle matematiikalle pohjautuvia menetelmiä, joiden avulla pystytään hyödyntämään datassa esiintyviä piirteitä. Tekoäly on arkipäivää useissa järjestelmissä, joiden kanssa olemme tekemisissä päivittäin. Kuvassa 26 on kokoelma yleisimmistä tekoälyn sovellutuskohdeista. Tekoälyn peruseriaatteiden ymmärtäminen on, ja tulee yhä enenevässä määrin olemaan, tärkeä osaamisalue myös sovellutuksia tuottavien alojen ja ammattien ulkopuoleisille.



Kuva 26 Tekoälyn eri osa-alueet.

Nykyään tekoäly on kaikkialla ympärillämme ja suuret yritykset, kuten Google käyttää koneoppimisen menetelmiä suodattaessaan roskapostia Gmail-palvelustaan. Facebook on opettanut tietokoneita tunnistamaan tiettyjä ihmisen kasvojen piirteitä lähes yhtä tarkasti kuin ihmiset tekevät. Netflix ja Amazon käyttävät syväoppimista tekemään päätöksiä siitä, mitä asiakkaat haluavat katsoa tai voivat haluta ostaa seuraavaksi jne. Kone- ja syväoppimisen menetelmien hyödyntäminen tekoälyn kehittämiseksi on tuottanut lupaavia tuloksia ja niiden idea on periaatteessa yksinkertainen. Traditionaalisen tietokoneiden ohjelmoinnin ja älykkääksi tekemisen yrittämisen sijasta tietokoneelle annetaan

pääsy laajaan datamäärään ja ne ohjelmoidaan löytämään malleja sekä oppimaan itse-
näisesti, miten vaadittu tehtävä suoritetaan. (Buczowski, 2017)

Luonnollisen kielen ymmärtäminen on yksi tekoälyn vaikeimmista sovellutusalueista, mutta tässä on saavutettu merkittäviä läpimurtoja. Tekstin käännökset eri kielille sujuvat jo ymmärrettävästi yleisemmin käytettyjen kielten osalta. Aiemmin käytettyjen suorien sanakirjakäännöksiin sijaan tekoälytuetut käännökset pyrkivät yhdistämään tarkoituksen ymmärrystä käännösprosessiin. Tekstin luokittelu ja klusterointi ja tiedon uuttamien ovat jo laajassa käytössä. Näillä tekniikoilla pystytään tehostamaan tiedon käytettävyyttä ja luomaan strukturoimattomasta datasta strukturoitua dataa. Puheen ymmärtäminen on tekstin ymmärrystä vaativampi tehtävä. Puhesyntetisaattorit ovat jo laajasti käytössä erilaisissa palveluissa.

Perinteisiä tekoälyn sovellutuksia ovat olleet päätöksenteon tukijärjestelmät ja asiantuntijajärjestelmät sekä suunnittelu, aikataulutus ja optimointi. Esimerkkejä sovellutuksista mainittakoon projektisuunnittelu ja -hallinta, töiden allokointi, logistiset järjestelmät, riskianalyysi, vakuutus- ja pankkijärjestelmät.

Robottiikka on voimakkaasti kehittyvä tekoälyn eri osa-alueita hyödyntävä teknologia. Esimerkkinä tästä on konenäköä hyödyntävät teollisuusrobotit ja luonnollisen kielen ymmärtämistä hyödyntävät palvelurobotit. Luvussa 5.5 tarkemmin roboteista.

Konenäkö (engl. Machine Vision) on ollut keskeisessä asemassa tekoälyn kehittymisen kannalta. Konenäön yleisenä tavoitteena on saada kone näkemään ja ymmärtämään mitä kameran tai muun sensorin kuvaama näkymä sisältää ja käyttää tätä tietoa hyväksi erilaisissa sovelluksissa. Koneen on pystyttävä esimerkiksi tunnistamaan kohteita ja määrittämään niiden sijainnit ja asennot, luomaan kolmiulotteinen malli kohteista tai kuvatausta ympäristöstä, ilmaisemaan kohteissa tapahtuneita muutoksia ja tulkitsemaan eri havaintojen merkitys. Tieteenalueena konenäkö on hyvin haastava, mielenkiintoinen ja monialainen. Konenäön ongelmien parissa työskentelee tietokonealan ekspertejä, matemaatikkoja, fyysikkoja, elektroniikka- ja järjestelmäinsinöörejä, ihmisen näkemisen psykologian tutkijoita yms. (Pietikäinen & Silvén, 2019)

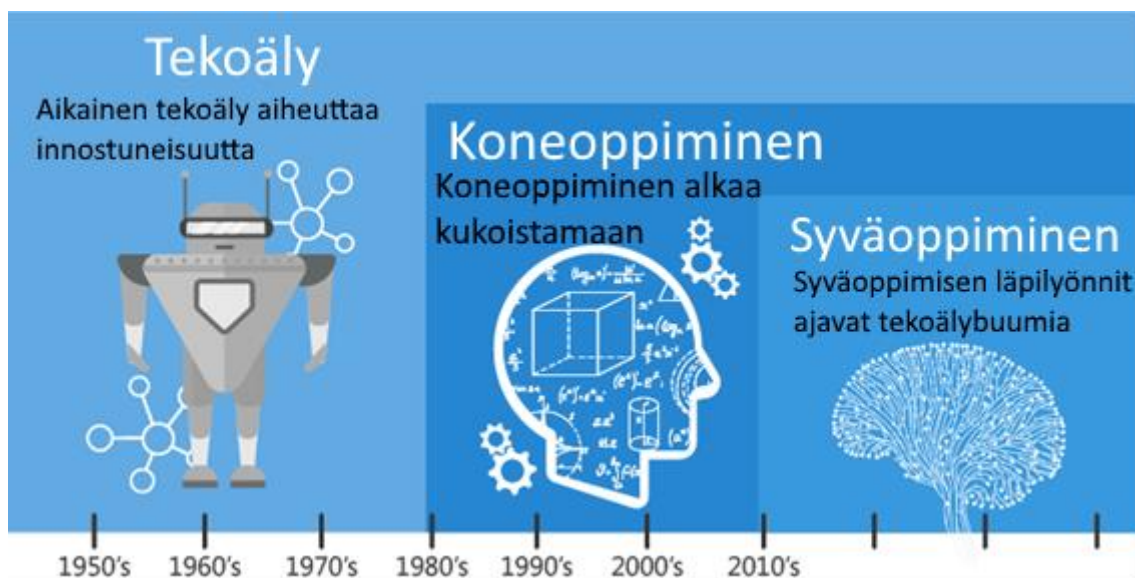
Koneoppiminen (engl. Machine Learning) on tekoälyn osa-alue, jossa kone/ohjelma oppii pohjatiedon ja käyttäjän toiminnan perusteella tunnistamaan, luokittelemaan ja ennustamaan asioita. Kaikkia eri tilanteita varten ei ole erillistä ohjetta vaan oppiminen tapahtuu kokemuksen avulla. Tekoälyn opettamisessa käytettävän datan käsittelyyn tarvitaan ja käytetään monenlaisia tekniikoita. Heli Tuomisen ja Pekka Neittaanmäen toimittamassa kirjassa on esitelty neuroverkkojen matematiikkaa kyberturvallisuutta ja tekoälyn käyttöä eri yhteyksissä. Tekoälyllä on satoja sovelluksia kattaen koneoppimisen, kuva-analyysin, päätöksenteon tukijärjestelmiä, sekä puheen ja tekstin tunnistusta. (Tuominen & Neittaanmäki, 2019)

Tekoälyn eri sovellutukset hyödyntävät koneoppimistekniikoita, joita ovat muun muassa:

- Ohjattu oppiminen,
- Ohjaamaton oppiminen,
- Vahvistusoppiminen.

Syväoppiminen (engl. Deep Learning) on koneoppimisen osa-alue, joka alkoi kehittyä vuodesta 2006 ja se on tullut pinnalle yhä enemmän vuoden 2012 jälkeen. Kyseisellä osa-alueella käytetään useita epälineaarisia informaation prosessoinnin tasoja ja hierarkisia arkkitehtuureita. Syväoppimisen tavoitteena on luoda sopivaa syväoppimisen algoritmia käyttäen neuroverkko, joka tähtää aineistoon perustuen ongelman ratkaisemiseen. Ongelmia, joiden ratkaisemiseen syväoppimista käytetään, ovat perinteisiä menetelmiä käyttäen vaikeita toteuttaa, sillä ne vaativat monimutkaisten sääntöjen käyttöä. Syväoppimisen hyödyntämisen alueita ovat muun muassa lääketieteen diagnostiikka, puhe, kuvat, tekstien tunnistaminen ja käsittely. Monelle tunnetuimpia hyödyntämisen alueita ovat puheentunnistus, kuten Applen Siri ja Googlen Street View-karttapalvelu. Toinen esimerkki on DeepMind-yhtiön AlphaGo, joka voitti ensimmäisen kerran ammattikseen Go-peliä (shakkia muistuttava lautapeli) pelaavan eteläkorealaisen Lee Sedolin maaliskuussa 2016. Seuraavana vuonna AlphaGo voitti maailman ykköseksi rankatun kiinalaisen Ke Jien. (Tjoa, 2013; Vähäkainu, Lehto, Neittaanmäki, 2018; Kelleher, 2019))

Kuvassa 27 on kuvattu kehityskulku tekoälystä syväoppimiseen,



Kuva 27 Kehityskulku tekoälystä syväoppimiseen (Copeland, 2016)

Tekoäly mahdollistaa suurten datamäärien varastoinnin sekä prosessoinnin älykkäällä tavalla ja se nimenomaan muuntaa relevanttia informaatiota funktionaaliseksi työkaluiksi. Tekoälyä on käytetty hyvin monella sovellusalueella (kuva 28), joista tunnetuimpia kenties ovat puolustuksen (kyberturvallisuus) ja avaruuden tutkimuksen alueet, joissa menestys ongelmien ratkaisemisessa tietyillä osa-alueilla on ollut erinomaista. Tekoälyn sovellusalue on sittemmin laajentunut terveydenhuoltoon, jossa sitä hyödynnetään

muun muassa diagnosoinnissa, hoitosuosituksien tekemisessä, leikkaushoidossa ja niin edelleen. (Kannan, 2017)

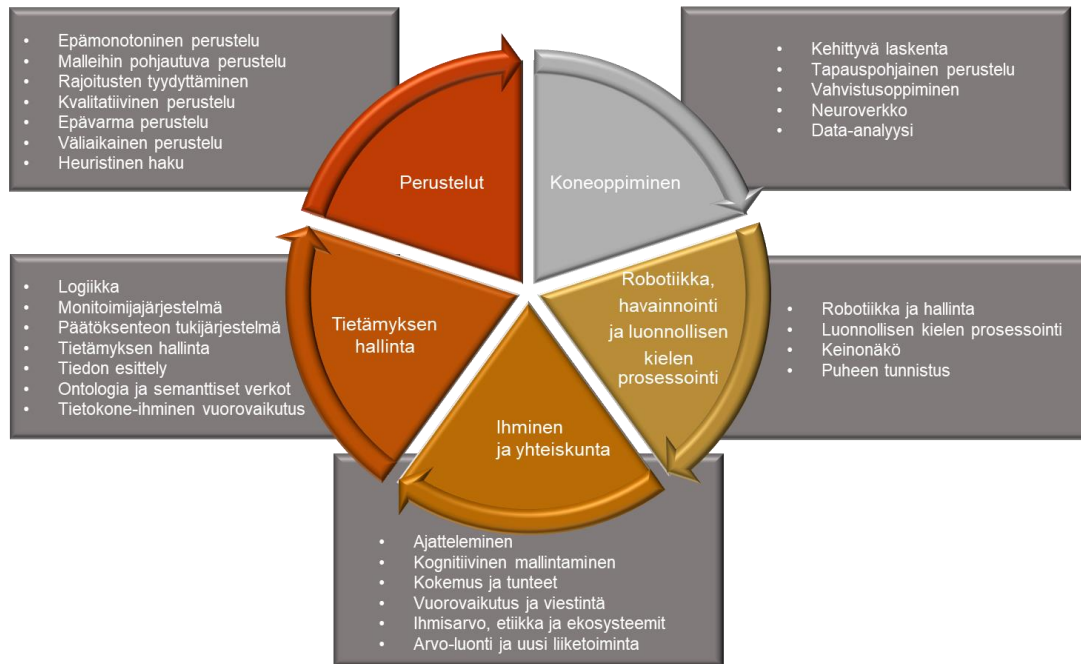
Uusiin tekoölyä hyödyntäviin aluevaltauksiin kuuluu myös tekoölyn ja sen menetelmien hyödyntäminen rakennusterveystarkastelun (engl. Structural Health Management, SHM) tutkimisessa, jossa tekoölyn avulla voidaan tehdä tulevaisuutta koskevia ennusteita ja siten säästää korjauskustannuksissa.



Kuva 28 Tekoölyn sovellusalueita esittävä tekoölykello.

Kuvassa 28 on luokiteltu vihreäksi ne tekoölysovellutukset, joiden käyttö on jo vakiintunut. Oranssilla on kuvattu sovellutukset, jotka ovat testaus- ja kehitysvaiheessa. Tekoölyn eri kehitysvaiheista ja maailman johtavien asiantuntijoiden visioista on raportoitu kirjassa Timo Siukonen & Pekka Neittaanmäki. 2019. *Mitä tulisi tietää tekoölystä*, Docendo.

Kuvassa 29 on esitetty kartta tekoölyn toimintaympäristöstä.



Kuva 29 Tekoälyn toimintaympäristö.

5.2.2 Kansallinen tekoälykehitys

Elinkeinoministeri Mika Lintilä asetti 18.5.2017 ohjausryhmän valmistelemaan ehdotusta Suomen tekoälyohjelmaksi. Ministerin mukaan tekoäly on noussut digitalisaation keskiöön ja Suomi aikoo hallitusohjelman mukaisesti olla tämän kehityksen kärjessä. ”Tekoälyohjelman tavoitteena on yhteistyössä julkisen sektorin ja yritysten kanssa löytää ne keskeiset uudet toimenpiteet, jotka parhaiten tukevat tekoälyn ja robotiikan hyödyntämistä yritysten innovaatiotoiminnassa Suomessa. Ohjelman tavoitteena on lisäksi tekoälyn ja robotiikan tuomien työelämän muutosten kartoittaminen sekä tietovarantojen laajamittaisen hyödyntämisen avaamien mahdollisuuksien tukeminen.” (Lintilä, 2017)

Suomen tavoitteena on olla maailman kärkimaita tekoälyn soveltamisessa ja työnteon uudistamisessa. Suomen tulee hyödyntää tehokkaasti rajallisia resurssejaan tekoälyn soveltamisessa mm. terveyteen ja hyvinvointiin, liikenteeseen, energiaan ja valmistavaan teollisuuteen liittyvillä sovellusalueilla. Suomesta löytyy monia edelläkävijäyrityksiä, jotka ovat ottaneet digitalisaation välineet käyttöön. Seuraavassa vaiheessa tarvitaan uusia ja erilaisia yhteispelin muotoja, jotta erilaiset Suomessa toimivat yritykset voivat hyödyntää nämä uudet mahdollisuudet tehokkaasti. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää Suomessa yritysten, tutkimus- ja koulutuslaitosten ja julkisten organisaatioiden uudenlaista yhteistyötä. Muun muassa alan koulutusta on lisättävä ja töissä olevien osaaamisesta on huolehdittava. (TEM, 2017)

Tekoälyohjelman raportissa 2018 annettiin seuraavat politiikkasuositukset:

1. Kansallisissa tekoälyohjelmissa tulee panostaa ihmistyötä täydentäviin innovaatioihin, joista huomattava osa on sosiaalisia ja sosioteknisiä. Tuottavuus kasvaa

- laajassa mitassa vasta sitten, kun tekoälyn rinnalla otetaan käyttöön sitä tukevia muutoksia työtavoissa ja organisaatioissa.
2. Koulutussisällöissä on huomioitava tarve teknologia- ja vuorovaikutustaitojen yhdistämiselle, koska tekoäly tulee muokkaamaan useimpien ammattien tehtäväsältöjä. Vaikka kokonaan automatisoitavissa olevaa työllisyyttä on suhteellisen pieni osa, huomattavaan osaan työpaikkoja kuitenkin sisältyy automatisoituja tehtäviä. Se merkitsee, että työntekijöiden taitovaatimukset muuttuvat.
 3. Teknologiseen kehitykseen liittyy myös tekoälyn yhteydessä ns. osaamisviinoma: osaajista on puutetta samalla, kun vähemmän koulutetut eivät löydä töitä. Jotta työllisyys olisi riittävän korkea ja syrjäytymisriski pieni, on perusteltua varmistaa riittävät oppimisvalmiudet kaikille ja pitää huolta, että pelkän peruskoulun varaan jääviä olisi mahdollisimman vähän.
 4. Tekoälyteknologian skaalautuvuuden vuoksi monopolien syntyminen on mahdollista. Markkina-aseman väärinkäyttöön tulee puuttua älykkäällä sääntelyllä ja kilpailuvalvonnalla.
 5. Työvoiman liikkuvuutta tulee tukea siten, että työntekijät siirtyvät paremmin osaamistaan vastaaviin tehtäviin, esimerkiksi työnvälitystä kehittämällä. Kilpailukieltojen käyttöä tulee rajoittaa.

(TEM, 2018)

Työ- ja elinkeinoministeriö käynnisti marraskuussa 2020 hallitusohjelman toimeenpanoon liittyen AI 4.0 -kehittämiskokonaisuuden, jonka tavoitteena on vahvistaa Suomen taloudellista, ekologista ja sosiaalista kestävyyttä älyteknologioiden soveltamisen ja dataliiketoiminnan avulla. Tekoäly 4.0 -ohjelma edistää tekoälyn ja muiden digitaalisten teknologioiden kehittämistä sekä käyttöönottoa yrityksissä. Ohjelma kohdistuu useisiin toimialoihin teollisuudessa ja palvelusektorilla. (TEM, 2020)

Ohjelmalla pyritään vahvistamaan digitaalisuutta ja talouskasvua. Ohjelma kannustaa eri sektoreita yhteistyöhön, kasvattaa digitaalisuuteen tehtyjä investointeja ja lisää erityisesti pk-yritysten digitaitoja. Ohjelman perustana EU:n tavoitteet ja Suomen tekoälystrategia. Ohjelman tehtävänä on laatia tavoitteet ja toimenpiteet, joilla digitalisointia Suomessa edistetään. Erityistä huomiota tulee kiinnittää pk-yrityksiin, digi-investointien lisäämiseen ja eurooppalaiseen yhteistyöhön. (TEM, 2020)

Ohjelma edistää osaltaan yritysten ja talouden toipumista koronapandemiasta. Myös Euroopan komissio on nostanut digitaalisuuden yhdeksi keskeiseksi keinoksi luoda uutta talouskasvua.

5.2.3 Kognitiivinen tietojenkäsittely

Älykkäät teknologiat vapauttavat ihmisiä tehtävistä, jotka ovat aiemmin edellyttäneet ihmistyötä, koska nämä tehtävät ovat edellyttäneet korkeampia kognitiivisia toimintoja. Älykään tekniikka ei kuitenkaan toimi ihmisestä riippumatta. Edes täysin autonominen laite ei voi toimia järkevällä tavalla ilman, että ihmiset suunnittelevat, rakentavat, käyttävät, valvovat tai toimivat yhteistyössä kyseisen laitteen kanssa. Tästä johtuen tek-

nologian inhimillisen dimension suunnittelu on aina ollut osa toimivien laitteistojen kehittämistä. Tilanne muuttuu kuitenkin monimutkaisemmaksi, kun laitteiden toiminta ulotetaan ihmisen korkeampien kognitiivisten prosessien kuten päätöksenteon ja ongelmanratkaisuprosessien alueelle. Tämä kehitys asettaa uusia haasteita sujuvan, luonnollisen ja miellyttävän ihmisen ja teknologian välisen vuorovaikutuksen suunnittelulle. Ihmistieteellisellä osaamisella on kasvava ja yhä merkittävämpi rooli teknologian suunnittelussa. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

Kognitiivinen tietojenkäsittely koostuu teknologia-alustoista, jotka perustuvat tieteellisiin teorioihin sisältäen muun muassa tekoälyä ja signaalinkäsittelyä. Nämä alustat käsittelevät esimerkiksi koneoppimisen, luonnollisen kielen prosessoinnin, hahmon- ja puheen tunnistuksen sekä ihminen-tietokone-interaktion. Tässä luvussa käsitellään kognitiivista tietojenkäsittelyä yleisellä tasolla ja sen ydinkyvykkyyksiä. Kognitiivisen tietojenkäsittelyn määrittelemisen on kuitenkin vaikeaa, eikä sille ole täsmällistä ainoa ja oikeaa määritelmää akateemisella eikä teollisella sektorilla. Yleisesti ottaen kognitiivinen tietojenkäsittely viittaa laitteistoihin ja ohjelmistoihin, jotka jäljittelevät ihmisen aivojen toimintaa auttaen parantamaan ihmisten päätöksentekoa. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

Kognitiivinen tietojenkäsittely on tietokonesimulaatio ihmisen ajatteluprosessista. Kognitiiviset tietokoneet käyttävät koneoppimisen algoritmeja hankkiakseen jatkuvasti tietämystä erilaisista datalähteistä ja sitten esittävät informaation toimivalla tavalla. Kognitiivisen analyysin taustalla on pyrkimys laajentaa ja syventää ihmisten asiantuntemusta. Kognitiiviset järjestelmät oppivat, päättelevät ja tukevat päätöksentekijää luonnollisella kielellä tapahtuvan vuorovaikutuksen kautta. Parhaat käyttötapaukset liittyvät tilanteisiin, joissa ihmisen pitää tehdä päätöksiä suurten tietomassojen sisältämän informaation pohjalta, ja vieläpä vuorovaikutustilanteissa. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

Kognitiivinen järjestelmä oppii kolmella tavalla: siihen syötetystä datasta ja tietämyksestä, ohjatusta opetuksesta sekä itse käytöstä. Nykyisin ohjelmoitava tietojärjestelmä voi käyttää algoritmiensa syötteenä jatkuvasti muuttuvaa dataa ja tietämystä. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

Oheisessa kuvassa 30 on esitetty kuvaus kognitiivisen teknologian mahdollisuuksista ihmisen ja tietokoneen välillä.

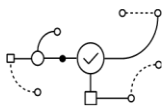
Kognitiivinen teknologia mahdollistaa uudenlaisen yhteistyön ihmisten ja tietokoneiden välillä. Sillä voidaan **tehostaa, skaalata ja parantaa** ihmisten asiantuntemusta.

YMMÄRTÄÄ



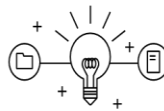
Kognitiiviset järjestelmät ymmärtävät kuvia, luonnollista kieltä ja muuta ei-strukturoitua dataa kuten ihmiset.

PERUSTELEEE



Ne pystyvät perustelevaan, ymmärtämään taustalla olevia konsepteja, muodostamaan hypoteeseja, ja tekemään johtopäätöksiä sekä louhimaan ideoita.

OPPII



Jokainen datapiste, interaktio ja tulos kehittää ja parantaa järjestelmien asiantuntemusta, joten ne eivät koskaan lakkaa oppimasta.

TOIMII VUOROVAIKUTUKSESSA



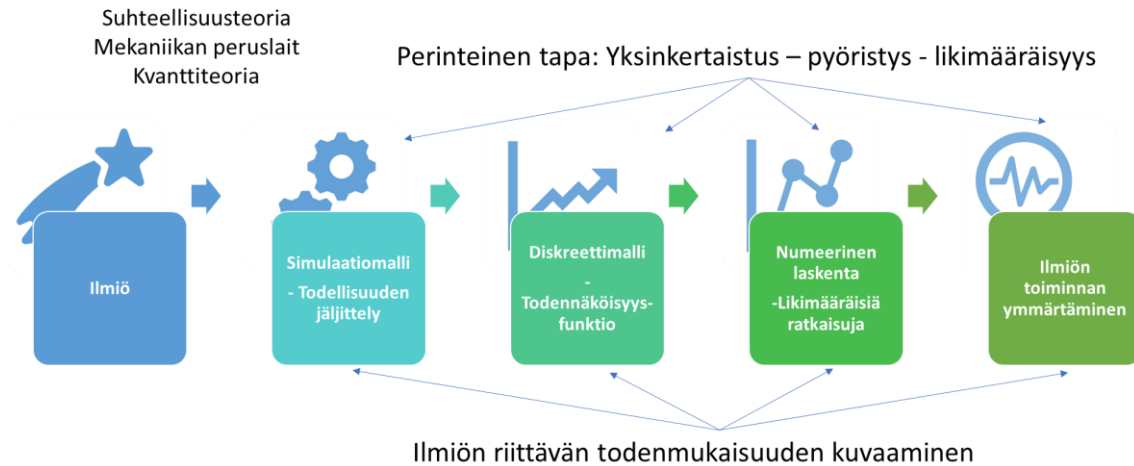
Kognitiivisilla järjestelmillä on kyvykyys nähdä, puhua ja kuulla eli ne voivat olla ihmisten kanssa vuorovaikutuksessa luonnollisella tavalla.

Kuva 30 Kognitiiviset ratkaisut ovat uuden aikakauden teknologiaa. (IBM)

Kognitiivinen analyysi kykenee ymmärtämään ja analysoimaan saamaansa dataa sekä oppimaan itsenäisesti. Tämän ansiosta sen avulla voidaan analysoida suurempia ja monipuolisempia tietoaaineistoja kuin aiemmin ja löytää aineistoista uusia ilmiöitä ja yhteyksiä, joiden etsiminen muilla teknologioilla ihmisen ohjaamana olisi liian hidasta tai työlästä. Teknologia soveltuu terveydenhoidon avuksi monipuolisilla tavoilla sekä ennakkoivassa terveydenhoidossa sekä sairauden hoidossa. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

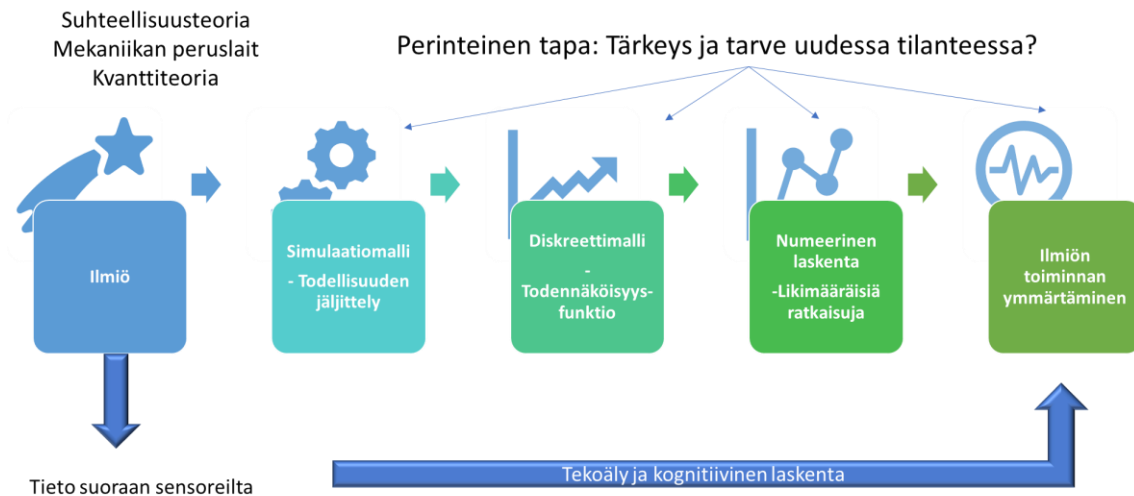
Erilaisilla datalähtöisillä menetelmillä on edelleen merkitystä tutkimuksen, hallinnon ja teollisuuden aloilla. Tekoälyä hyödyntävien eri menetelmien nopea kehitys johtuu paljolti koneoppimisen, mallintamisen, tilastojen, tiedonlouhinnan sekä laskennallisen ja ohjelmistopohjaisen tietokantatekniikan edistymisestä. Muita tekoälyn nousuun vaikuttavia tekijöitä ovat laskentatehon eksponentiaalinen kasvu. Näillä uusilla menetelmillä on laaja soveltamisnäkömyös tieteellisessä tutkimuksessa.

Ilmiön tutkimuksessa on tapahtunut paradigman muutos tekoälyn ja kognitiivisen laskennan etujen vuoksi. Kuva 31 kuvaa perinteistä tapaa analysoida ilmiötä.



Kuva 31 Perinteinen tapa analysoida ilmiötä

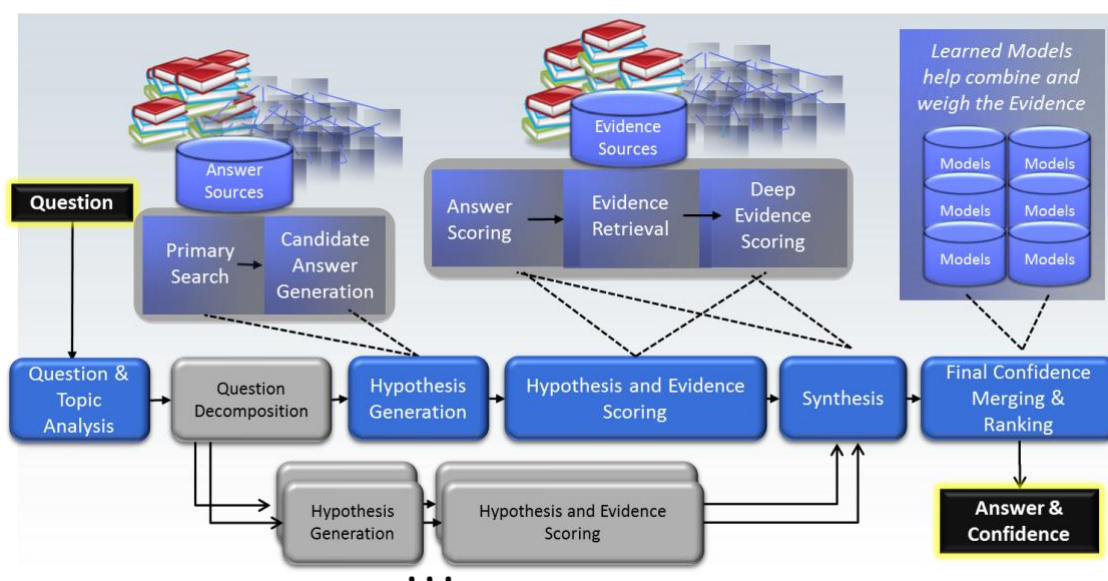
Tekoäly ja kognitiivinen laskenta luovat paradigman muutoksen, jossa tieto johdetaan suoraan ilmiöstä tutkittavaksi tekoälyn ja kognitiivisen laskennan avulla. Tämä on havainnollistettu kuvassa 32.



Kuva 32 Uusi tapa analysoida ilmiötä

IBM Watson supertietokone nimettiin IBM:n perustajan Thomas J. Watsonin mukaan. Sen kehitystyö alkoi jo vuonna 1997 ja vuonna 1997 jälkeen, jolloin IBM:n Deep Blue-supertietokone voitti shakin maailmanmestarin Garry Kasparovin. Kognitiivisilla kyvykkyyksillä varustettu IBM Watson supertietokone voitti vuonna 2011 kaksi hallitsevaa Jeopardy-tietovisan mestaria.

IBM Watson arkkitehtuuri tuottaa monia hypoteeseja, kerää suuren joukon havaintoja ja tuottaa relevantteja ja tasapainotettuja tuloksia käyttäen yli 100 eri analytiikkaa. Tapahtumien analyysi toteutetaan käyttäen erilaisia lähestymistapoja. Kuvassa 33 on esitetty Watsonin analytiikka-arkkitehtuuri.



Kuva 33 IBM Watsonin kognitiivinen tietojenkäsittely- ja analytiikka-arkkitehtuuri. (IBM)

5.2.4 Tekoäly terveydenhuollossa

Tekoälyä on menestyksekkäästi hyödynnetty terveydenhuollon eri osa-alueilla kuten farmasiassa, mielenterveyspalveluissa, kardiologiassa, onkologiassa ja pulmonologiassa. Erityisesti onkologian alueella on toteutettu merkittäviä diagnosoivia tekoälysovelluksia, joiden avulla on kyetty diagnosoimaan muun muassa ihosyöpiä, aivokasvaimia ja rintasekä keuhkosityöpiä. Tekoälyllä on myös muita lääketieteellisiä sovellusalueita kuin edellä mainitut kategoriat ja sen avulla voidaan tunnistaa muun muassa silmänsairauksia, kuten kaihia ja sitä voidaan hyödyntää myös mielenterveydellisiin diagnosoimisiin. (Neittaanmäki & Lehto, 2018)

Tekoäly muuttaa terveydenhuollon kenttää tulevaisuudessa kenties huomattavastikin ja sen avulla voidaan tehdä tarkempia sekä nopeampia diagnosoiteja, löytää uusia lääkeaineyhdistelmiä, tehdä hoitosuosituksia ja myös säästää kustannuksissa. Tulevaisuudessa sairaalat ovat täynnä teknologiaa ja robotiikkaa, jota hyödynnetään yhä enemmän leikkauksissa ja jatkossa myös logistiikassa, kuten sairaalasänkyjen ja tarvikkeiden automaattisessa kuljetuksessa. Sairaalasängyt voivat jatkossa kuljettaa potilasta aina ensiapuhuoneesta operointihuoneeseen saakka ja tarvittaessa kuvantamisen kautta. (Neittaanmäki & Lehto, 2018)

Kognitiiviset tietojenkäsittelyjärjestelmät, kuten IBM Watson auttavat lääkäreitä differentiaalisten diagnosoien tekemisessä ja näyttöön perustuvien hoitosuunnitelmien tekemisessä. Pilvipohjaista Big dataa hyödyntävä tekoäly ja helppokäyttöinen käyttöliittymä, joka kykenee vertaamaan potilaan sairautta koskevaa informaatiota miljooniin anonymisiin samankaltaisiin diagnosoituihin sairastapauksiin tai taudinkuviin ja maailmalla oleviin lääketieteellisiin tutkimuksiin, auttaa lääkäreitä tekemään oikeita potilaille personoituja hoitosuunnitelmia suhteellisen paljon pienemmällä vaivalla, mikä on aiemmin ollut mahdollista. (Neittaanmäki & Lehto, 2018)

Tokion yliopiston lääkärit raportoivat diagnosoineensa IBM Watsonin avulla 60-vuotiaan naisen harvinaisen leukemian, joka oli tunnistettu kuukautta aikaisemmin virheellisesti. Watsonilla kesti vain 10 minuuttia verrata potilaan geneettisiä muutoksia 20 miljoonan syöpätutkimuksen julkaisutietokantaan. Watson antoi tarkan diagnoosin, ohjeet hoidosta ja lääkityksestä, joiden avulla saavutettiin haluttuja hoitotuloksia.

Organisaatiot hyötyvät siitä, että kognitiiviset järjestelmät mahdollistavat asiantuntijuuden nopean kehittymisen ja sen jakamisen kaikille tarvitsijoille. Parhaiden asiantuntijoiden tietotaito saadaan nopeasti kaikkien käyttöön, kun heidän osaamistaan vastaava aihealue opetetaan kognitiiviselle järjestelmälle. Käytön myötä järjestelmä antaa entistä osuvampia vastauksia ja lopulta niiden tarkkuus on jopa asiantuntijoita korkeampi. Kun Memorial Sloan Kettering -sairaala opetti IBM Watsonille ihosyövän tunnistamista kuvien perusteella, se ylsi muutamassa viikossa yli 95 prosentin tarkkuuteen. Watsonin opettaneet asiantuntijat puolestaan ylsivät 75–84 prosentin tarkkuuteen. Watsonin avulla kaikki saivat siis käyttöönsä tarkempia vastauksia potilaiden hoidon parantamiseksi. (Neittaanmäki & Lehto, 2018)

Luvussa 6 on laajemmin älykkäästä ja digitaalisesta sosiaali- ja terveydenhuollosta.

5.2.5 Tekoäly opetuksessa

Digitalisaation kehitys antaa mahdollisuuden aivan uudelle digiopettamiselle ja digiopettamiselle:

- Läsna-äly muuttaa tarvetta oppia muistamalla,
- Tilalle tulee kyky hahmottaa kokonaisuuksia, yhdistellä asioita,
- Syntyy tarve kehittää adaptiivista oppimisanalytiikkaa, kognitiivista laskentaa, tekoälyä, koneoppimista, laskennallista ajattelua, systeemiajattelua ja data-analytiikkaa, jonka keskeisenä ominaisuutena on oppimisympäristön optimointi täyttämään yksilön tarpeita ja valmiuksia niin että oppimistulos on hänen kannaltaan paras mahdollinen.

UNESCO Global Education 2030 -ohjelmassa on tehty raportti *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*. Siinä on tunnistettu tekoälyn käytössä seuraavat ratkaistavat asiat:

- Tekoälyn osallistavan ja oikeudenmukaisen käytön varmistaminen koulutuksessa,
- Tekoälyn hyödyntäminen koulutuksen parantamiseksi,
- Tekoälyaikakaudella työpaikkojen ja arjen taitojen kehittämisen edistäminen,
- Koulutustietojen avoimen ja auditoitavan käytön turvaaminen,
- Tekoälyn käytöllä on selkeitä etuja sekä oppijoille että opettajille.

(UNESCO, 2019)

Seuraavaksi on kuvattu tekoälyn etuja opiskelijoille ja opettajille. (Kuprenko, 2020)

A. Tekoälyn etuja opiskelijoille:

Koulutus milloin tahansa. Nuoret viettävät paljon aikaa mobiiliympäristössä. He usein tekevät päivittäisiä tehtäviään älypuhelimillaan tai tablet-laitteillaan. Tekoälypohjaiset sovellukset tarjoavat mahdollisuuden opiskella vapaa-ajalla. Lisäksi opiskelijat voivat saada palautetta opettajilta reaaliajassa.

Erilaisia vaihtoehtoja opiskelijoiden tarpeiden mukaan. Tekoälypohjaiset ratkaisut voivat mukautua mm. opiskelijoiden tietotason ja mielenkiinnon mukaan. Järjestelmällä voi auttaa opiskelijoita, niillä alueilla, jossa heillä on vaikeuksia. Näin voidaan tarjota erityisiä oppimateriaaleja heidän tarpeidensa perusteella. Esimerkiksi opiskelija tekee testin ennen sovelluksen käytön aloittamista; sovellus analysoi sen ja tarjoaa sopivia tehtäviä ja kursseja.

Virtuaaliset mentorit. Tekoälypohjaiset alustat tarjoavat virtuaalisia mentoreita seuraamaan opiskelijoiden etenemistä. Varsinaiset opettajat voivat ymmärtää opiskelijoiden tarpeita paremmin, mutta on hyvä saada välitöntä palautetta virtuaaliohjaajalta.

B. Tekoälyn edut opettajille

Mahdollisuus nähdä heikkouksia. Erilaisilla kursseilla voidaan nähdä aukot opiskelijoiden tiedossa. Esimerkiksi Coursera- alusta voi ilmoittaa opettajalle, jos monet opiskelijat valitsivat väärät vastaukset tiettyyn kysymykseen. Seurauksena on, että opettajalla on mahdollisuus kiinnittää huomiota tähän tiettyyn aiheeseen.

Parempi sitoutuminen. Nykyaikaiset tekniikat, kuten virtuaalitodellisuus ja pelillistäminen, auttavat opiskelijoita osallistumaan koulutusprosessiin ja tekevät siitä vuorovaikutteisemman.

Personointi. Erilaiset tekoäly-yhteensopivat algoritmit voivat analysoida käyttäjien tietoja ja kiinnostuksen kohteita ja tarjota yksilöllisempiä suosituksia ja koulutusohjelmia.

Opetussuunnitelmien automaattinen luominen. Opettajat saavat suuren hyödyn tekoälykehityksestä. Tekoälyratkaisut auttavat heitä luomaan opetussuunnitelmia, eikä työtä tarvitse aloittaa tyhjästä. Näin opettajat viettävät vähemmän aikaa tarvittavien oppimateriaalien etsimiseen.

Mahdollisuus löytää hyvä opettaja. Koulutuslustoilla on paljon opettajia, joten opiskelijalla on mahdollisuus kommunikoida muiden maiden asiantuntijoiden kanssa. Tekoäly-yhteensopiva koulutuslusto tarjoaa sopivia opettajia oppilaiden tarpeisiin.

Tekoäly antaa mahdollisuuden keskittyä opiskelijan yksilöllisiin tarpeisiin. Monet suuret koulutuslustoat kuten Carnegie Learning, investoivat tekoälyyn tarjotakseen yksilöllisempiä kursseja. Nykyään on mahdollista luoda yksilöllisiä ohjeita, testausta ja palautetta. Näin oppijat työskentelevät valmiina olevan yksilöidyn materiaalin kanssa. (Kuprenko, 2020)

Tekoälypohjaisia työkaluja ovat mm. ääniassistentit. Tällaiset avustajat kuten Amazon Alexa, Apple Siri ja Google Home sallivat vuorovaikutuksen erilaisten oppimateriaalien kanssa ilman kommunikointia opettajan kanssa. Tämän seurauksena on mahdollista käyttää koulutusalausta missä ja milloin tahansa. Esimerkiksi Arizonan osavaltion yliopisto käyttää Alexaa kampuksen rutiinitarpeisiin. (Kuprenko, 2020)

Tekoäly tarjoaa paljon mahdollisuuksia jakaa tietoa ympäri maailmaa. Tekoälyratkaisujen avulla opiskelijat voivat opiskella erilaisia kursseja ja koulutusohjelmia. Parhaiden opettajien interaktiivisella oppimateriaalilla on paljon alustoja. Tekoäly tarjoaa mahdollisuuksia myös opiskelijoille, jotka puhuvat eri kieliä tai joilla on näkö- tai kuulovaikeuksia. Esimerkiksi *Presentation Translator* on tekoälypohjainen ratkaisu, joka luo tekstityksiä reaaliajassa. Tekoälypuheentunnistuksen avulla opiskelijat voivat kuulla tai lukea äidinkielellään. (Kuprenko, 2020)

Perinteisiä yliopistoja nousevat uhkaamaan digitaaliset tekoälypohjaiset globaalit yliopistot. Tällöin huippuyliopistojen kursseja ja kokonaisia tutkintoja voi opiskella itsenäisesti. Globaali opintotarjonta takaa myös globaalit työmarkkinat muun muassa ICT-alalla. Osa opiskelijoista voisi myös siirtyä työelämään ilman yliopisto-opiskelua ja täydentää osaamistaan verkkokurssien avulla. (Lehto & Neittaanmäki, 2016a)

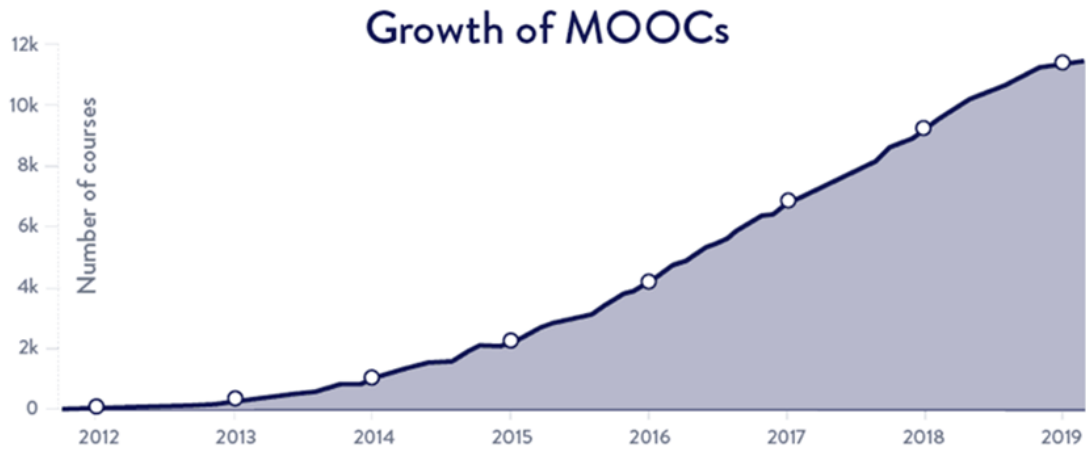
Pelkkä väline ei tuo muutosta eikä materiaalin digitointi ja siirtäminen verkkoon. Kysymys on paljon perusteellisemmasta muutoksesta opiskelussa ja opettamisessa. Harvard University ja MIT perustivat vuonna 2012 **EdX**:n tarjoamaan kaikille avoimia verkkokursseja (Massive Open Online Courses, MOOC). EdX:n 160 globaalia partneria tarjoaa nyt yli 3 000 verkkokurssia ja yli 18 miljoonaa oppijaa on osallistunut ohjelmaan. Päivittäin lähe puoli miljoonaa opiskelee EdX:n verkkokursseilla. EdX:n visiona on kasvattaa globaalisti kaikille mahdollisuus korkeatasoiseen opiskeluun.

Samalla visiolla toimii Stanford Universityn, Princeton Universityn, University of Michiganin ja University of Pennsylvanian vuonna 2012 perustama **Coursera**. Nyt Courseran yli 200 partneriyliopistoa tarjoavat yli 5 100 kurssia, joihin on osallistunut yli 77 miljoonaa oppijaa.

Udemy on opetuksen ja oppimisen globaali on-line markkinapaikka, joka on tarkoitettu työelämässä oleville ja opiskelijoille. Se on perustettu toukokuussa 2010. Sillä on yli 40 miljoonaa opiskelijaa ja opetusta annetaan yli 65 eri kielellä. Kursseille on osallistunut yli 480 miljoonaa ja sekä opiskelijat ja ohjaajat tulevat yli 180 maasta. Vuodesta 2021 lähtien tarjolla on ollut yli 155 000 kurssia ja sekä opettajia ja ohjaajia on yli 7 000. Opiskelijoista 80 % tulee yrityssectorilta.

Vuoden 2018 loppuun mennessä yli 900 yliopistoa ympäri maailmaa oli ilmoittanut tai käynnistänyt 11,4 000 MOOC:a. Käytävissä olevien MOOC-lukumäärien määrä on kasvanut dramaattisesti viime vuosina. MOOC-koulutus on ylittänyt 100 miljoonan oppijan määrän vuonna 2018. (Shah, 2018)

Kuvassa 34 on kuvattu MOOC-tarjonnan kasvu vuodesta 2012.



Kuva 34 MOOC kasvu globaalisti.

Tulevaisuudessa opetuksessa osa kursseista tarjotaan globaalisti. Suorittajia voi olla rajoittomasti ja älykäs omaopettaja hoitaa ohjauksen yksilöllisesti oppijan edistymisen mukaan oppimisanalytiikan avulla. Järjestelmä koostuu koko maata koskevasta yhteisestä oppilastietokannasta ja digitaalisesta oppimateriaalikeskuksesta. Oppimisanalytiikkaan pohjautuva järjestelmä on adaptiivinen eli mukautuu oppijan suorituskäytännön ja etenemisen mukaan. Järjestelmän yksilöllinen-digitaalinen omaopettaja hyödyntää tieteelliseen tutkimustietoon perustuen parasta mahdollista pedagogista tapaa tukea oppilaan oppimista ja oppimisprosessia.

Kognitiiviseen tietojenkäsittelyyn pohjautuva teknologia hyödyntää tutkimustiedon lisäksi oppimishistoriaa ja parantaa ohjauksen käytäntöjä koko ajan. Jokaiseen tilanteeseen järjestelmä valitsee kokempohjaisesti parhaan mahdollisen käytännön. Opettajan työ helpottuu ja muuttuu. Oppilaat voivat edetä yksilölliseen tahtiin ja opettaja voi keskittyä nykyistä tehokkaammin apua tarvitseviin oppilaisiin.

Digioppimista ja digikoulua on esitetty laajemmin luvussa 7.

Lähteet

- Borana, J. 2016. Applications of Artificial Intelligence & Associated Technologies. Department of Electrical Engineering, Jodhpur National University. Proceeding of International Conference on Emerging Technologies in Engineering, Biomedical, Management and Science.
- Buczowski, A. 2017. What's the Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning? Haettu 31.5.2017 <http://geoawesome-ness.com/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning>
- Copeland, M. 2016. What's the Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning. Haettu 16.5.2017 <https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai>

- Kannan, P. V. 2017. Artificial Intelligence – Applications in Healthcare. Asian Hospital & Healthcare Management. Haettu 30.5.2017 <https://www.asianhnm.com/technology-equipment/artificial-intelligence>
- Kelleher John D. 2019. Syväoppiminen – Kuinka tekoäly toimii, Terra Cognita Oy, Helsinki, 2020.
- Kuprenko Vitaly. 2020. Artificial Intelligence in Education: Benefits, Challenges, and Use Cases - All You Need to Know About AI in Education, Medium, Jan 31, 2020.
- Lehto M., Neittaanmäki P. 2016. Digitalisaatio muuttaa yhteiskunnan ja yksilöiden tapaa toimia, Tiedepolitiikka 1/2016, s. 56–64.
- Lintilä Mika. 2017. Suomesta tekoälyn soveltamisen kärkimaa, TEM info 18.5.2017. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/ministeri-lintila-suomesta-tekoalyn-soveltamisen-karkimaa>
- Neittaanmäki P., Lehto M. 2018. Tekoäly muuttaa suomalaista yhteiskuntaa, Tiedepolitiikka 1/2018, s. 45–54.
- Nurmela, JKelleher. 2021. Mikä on 5G? Kokosimme kaiken tarpeellisen uudesta teknologiasta. Saatavilla 10.1.2021 <https://global.techradar.com/fi-fi/news/5g-verkot>
- Parloff, R. 2016. Why Deep Learning is suddenly Changing Your Life. Saatavilla 16.5.2017 <http://fortune.com/ai-artificial-intelligence-deep-machine-learning> Parloff, R. 2016. Why Deep Learning is suddenly Changing Your Life. Haettu 16.5.2017
- Pietikäinen Matti ja Silvén Olli. 2019. Tekoälyn haasteet – koneoppimisesta ja koneäöstä tunnetekoälyyn, Oulun yliopisto.
- Shah Dhawal. 2018. By the Numbers: MOOCs in 2018, The Report, Dec 11th, 2018.
- TEM. 2017. Suomen tekoälyaika Suomi tekoälyn soveltamisen kärkimääksi: Tavoite ja toimenpidesuosituksset, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, 41/2017, 23.10.2017.
- TEM. 2018. Tekoällyajan työ - Neljä näkökulmaa talouteen, työllisyyteen, osaamiseen ja etiikkaan, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, 19/2018.
- TEM. 2020. Tekoäly 4.0 -ohjelma vauhdittaa liiketoiminnan digitalisaatiota, on-line info, 13.11.2020. <https://tem.fi/-/tekoaly-4.0-ohjelma-vauhdittaa-liiketoiminnan-digitalisaatiota> ja <https://tem.fi/tekoalyohjelma>
- Tjoa, S. Introduction to Deep Learning. https://ccrma.stanford.edu/workshops/mir2013/CCRMA_MIR2013_DBN.pdf
- Tuominen Heli ja Neittaanmäki Pekka (Toim.). 2019. Tekoälyn perusteita ja sovelluksia, Informaatio-tekniologian tiedekunta, Jyväskylän yliopisto.
- UNESCO. 2019. Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development, Working papers on Education Policy.
- Vähäkainu Petri, Neittaanmäki Pekka. 2018. IBM-teknologioiden hyödyntäminen terveydenhuollossa, Jyväskylän yliopiston IT-tiedekunnan raportti 47/2018.
- Vähäkainu P., Lehto M., Neittaanmäki P. 2018. Tekoäly ja kyberturvallisuus, Jyväskylän yliopisto, IT-tiedekunta, tutkimusraportti, 60/2018.

5.3 Esineiden Internet (IoT) ja sensorinen data

5.3.1 Esineiden internet, IoT

Vuonna 1999 Kevin Ashton loi termin "esineiden Internet". Teknologia sai kuitenkin vauhtia 2010-luvun alussa, jolloin Gartnerin raportti lisäsi sen uusien nousevien tekniikoiden luetteloon. Esineiden internet (engl. Internet of Things, IoT) tarkoittaa esineiden liittämistä internetiin. Internetin välityksellä laitteet voivat jakaa tietoa toisilleen sekä vastaanottaa tietoa. Sensorit voivat kerätä tietoa fyysisestä ympäristöstä. Tiedon perusteella laitteet voivat toimia itsenäisesti tai osana laajempaa järjestelmää, eli osa laitteista on kaksisuuntaisia. Ne eivät pelkästään tuota dataa vaan saavat ulkopuolelta dataa, käsittelevät sitä ja data ohjaa niiden toimintaa. Teknisesti IoT-järjestelmä koostuu joko langattomasta tai kiinteästä verkosta ja siihen kytketyistä laitteista. IoT-laite voi olla lähes mikä tahansa fyysinen laite. 5G on suunniteltu erityisesti esineiden internetin tarpeita ajatellen tarjoten korkean kapasiteetin ja lyhyet viiveet.

IoT-laitteet voivat toimia ja kommunikoida itsenäisesti, muodostaen älykkäitä systemejä. Jokaisella IoT-laitteella on yksilöllinen tunniste (engl. Unique Identifier, UID), joka tekee siitä tunnistettavan. IoT-sovelluksia on tällä hetkellä viisi tyyppiä:

- **Kuluttajien esineiden internet** (engl. Consumer IoT): esimerkiksi valaisimet, kodinkoneet ja ääniapu vanhuksille.
- **Kaupallinen IoT** (engl. Commercial IoT): sovelluksia terveydenhuolto- ja liikenteollisuudessa, kuten älykkäät sydämentahdistimet, valvontajärjestelmät ja ajoneuvojen välinen viestintä (V2V).
- **Teollinen esineiden internet** (engl. Industrial Internet of Things IIoT): sisältää esimerkiksi digitaaliset ohjausjärjestelmät, tuotannon tietojen keräys sensoreista, älykkään maatalouden ja teollisen Big datan.
- **Infrastruktuuri IoT** (engl. Infrastructure IoT): mahdollistaa älykkäiden kaupunkien liitettävyyden infrastruktuuriantureiden, hallintajärjestelmien ja käyttäjäohjelmien avulla.
- **Sotilaallinen IoT** (engl. Military IoT): IoT-tekniikoiden soveltaminen sotilasalalla, kuten valvontarobotit ja sotilailla käytettävät biometriset laitteet.

(Maayan, 2020)

Esineiden internet voidaan jakaa kuuteen eri elementtiin (kts. kuvio 33), joilla on kaikilla omat tehtävänsä. Näitä ovat tunnistaminen, aistiminen, kommunikointi, laskenta, palvelut sekä semantiikka.

A) Tunnistaminen on kriittinen osa esineiden internettiä, jotta eri palvelut voidaan erottaa toisistaan. Erilaisia tunnistamistapoja on useita, esimerkiksi elektroninen tuotekoodi (engl. EPC) sekä uCode, jolla voidaan tunnistaa asioita yksilöllisesti.

B) Aistiminen liittyy datan keräämiseen eri objekteilta, ja sen käsittelyyn. Tämä käsittää yleisesti kaikki sensorit ja laitteen mitkä kykenevät aistimaan ympäristöään ja mittaamaan sitä joillain keinoilla. Näitä voivat olla esimerkiksi verkkoon kytketyt lämpömittarit tai puettavat älylaitteet.

C) Kommunikointi mahdollistaa laitteiden välisen kommunikoinnin eri tekniikoiden avulla. Näitä tekniikoita ovat edellä mainittujen lisäksi IEEE 802.15.4, Z-wave sekä LTE-advanced ja Near Field Communication (engl. NFC), sen tiedonsiirtokyky on RFID:tä kehittyneempi.

D) Laskennan tarkoituksena on toimia laitteen aivoina, ja toteuttaa kaikki laskentaa vaativat tehtävät. Tämä elementti vaatii toimiakseen toimivat fyysiset komponentit sekä käyttäjärjestelmän, jotta kokonaisuutta voidaan hallita.

E) Palveluiden avulla kerättyä dataa saadaan hyödynnettyä, näitä ovat esimerkiksi erilaiset sovellukset, joiden avulla laitteiden keräämää dataa päästää tutkimaan sekä siirtämään eteenpäin.

F) Semantiikka mahdollistaa oman suppean tekoälyn laitteiden sisälle. Tämän avulla esineiden internet osaa toimia viisaasti sekä jakaa resurssinsa järkevästi. (Koshizuka & Sakamura, 2010; Al-Fuqaha et.al, 2015)

Kuvassa 35 on esitetty esineiden internetin eri elementit.



Kuva 35 Esineiden internetin eri elementit. (Al-Fuqaha et al., 2015)

5.3.2 Käyttäytymisen internet, IoB

Kuten edellä on kuvattu esineiden internet (IoT) on toisiinsa yhteydessä olevien fyysisten objektien verkko, joka kerää ja vaihtaa tietoja Internetin välityksellä. IoT laajenee ja kehittyy jatkuvasti monimutkaisuutensa rajoissa, jossa nämä eri objektit voivat käsitellä tietoa itsenäisesti, ja pilveen tallennettuihin tietoihin perustuen. Tiedonkeruu (Business Intelligence, Big Data, asiakastietoalustat, CDP jne.) tarjoavat arvokasta tietoa asiakkaiden käyttäytymisestä, kiinnostuksen kohteista ja mieltymyksistä. Tästä syntyy uusi internet-domain käyttäytymisen internet (engl. Internet Behavior, IoB). IoB yrittää ymmärtää käyttäjien verkkotoiminnasta kerättyjä tietoja käyttäytymispsykologian näkökulmasta. Se pyrkii käsittelemään kysymystä siitä, miten ymmärretään tiedot ja miten tätä ymmärrystä voidaan soveltaa uusien tuotteiden luomiseen ja markkinointiin. IoB viittaa sitten prosessiin, jolla käyttäjän ohjaama data analysoidaan käyttäytymispsykologian näkökulmasta. Tämän analyysin tulosten avulla se kertoo uusista lähestymistavoista käyttökokemuksen (engl. User Experience, UX), hakukokemuksen optimoinnin (engl. Search Experience Optimisation, SXO) suunnitteluun ja siihen, miten markkinoida yritysten tarjoamia lopputuotteita ja palveluja. Lisäksi IoB yhdistää olemassa olevat tekniikat, jotka keskittyvät suoraan yksilöön, kuten kasvojen tunnistus, sijainnin seuranta ja Big

Data. Siksi se on kolmen alan yhdistelmä: tietotekniikka, data-analytiikka ja käyttäytymispsykologia. (Vector, 2021)

IoB:n tarkoituksena on kerätä, analysoida, ymmärtää ja reagoida kaiken tyyppisiin ihmisen käyttäytymistapoihin tavalla, joka mahdollistaa ihmisten käyttäytymisen seuraamisen ja tulkinnan uusien teknologisten innovaatioiden ja koneoppimisalgoritmien kehityksen avulla. Ihmisten käyttäytymistä seurataan ja kannustimia tai pidäkkeitä käytetään vaikuttamaan heihin halutulla tavalla. IoB:n kannalta on merkityksellistä, että se ei ole vain kuvaileva (käyttäytymisen analysointi), vaan myös ennakoiva (havaitaan, mitkä psykologiset muuttujat vaikuttavat tietyn tuloksen aikaansaamiseksi). (Vector, 2021)

IoB vaikuttaa kuluttajien valintoihin, mutta se myös muokkaa arvoketjuja uudelleen. Vaikka jotkut käyttäjät ovat varovaisia tietojen toimittamisesta, monet muut tekevät siitä mielellään niin kauan kuin se tuo lisäarvoa - dataan perustuvaa arvoa. Yrityksille tämä tarkoittaa mahdollisuutta muuttaa imagoaan, markkinoida tuotteita tehokkaammin asiakkailleen tai parantaa tuotteen tai palvelun asiakaskokemusta (engl. Customer Experience, CX). Hypoteettisesti tietoja voidaan kerätä kaikilta käyttäjän elämän osaluonteilta lopullisena tavoitteena tehokkuuden ja laadun parantaminen. (Vector, 2021)

IoB:n erityisiä etuja ovat:

- Analysoi asiakkaiden ostotottumuksia kaikilla alustoilla,
- Tutkii aiemmin saavuttamattomia tietoja siitä, miten käyttäjät ovat vuorovaikutuksessa laitteiden ja tuotteiden kanssa,
- Hankkii tarkempia tietoja siitä, missä asiakas on ostoprosessin aikana,
- Tarjoaa reaaliaikaiset myyntipisteilmoitukset (engl. Point-of-Sale, POS) ja kohdistukset,
- Ratkaisee ongelmat nopeasti ostotapahtuman päättämisessä ja asiakkaiden tyytyväisyyden parantamisessa.

(Vector, 2021)

IoB-teknikka hyödyntävää esineiden internetistä kerättyä dataa, jota voidaan käyttää myyntiin ja kohdennettuun mainontaan. Organisaatiot voivat testata esimerkiksi kampanjojensa tehokkuutta. Terveystieteiden tarjoajat voivat myös mitata potilaan aktiivisuutta ja sitoutumista.

Lähteet

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. 2015. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
- Koshizuka, N., & Sakamura, K. 2010. Standards & Emerging Technologies Ubiquitous ID. *Context*, 9(4), 98–101.
- Maayan Gilad David. 2020. The IoT Rundown For 2020: Stats, Risks, and Solutions, Security today, on-line blog, Jan 13, 2020.
- Vector ITC. 2021. What is the Internet of Behaviour (IoB) and why is it the future? On-line report, 17 February 2021.

5.4 Lohkoketjut ja älysopimukset

Henri Heinonen⁴

5.4.1 Johdanto

Lohkoketju on hajautetun tilikirjan teknologian (DLT) erikoistapaus. Siinä on nimensä mukaisesti lohkoja, jotka on ketjutettu toisiinsa. Lohkoketjuihin kuuluu lähes poikkeuksetta kryptovaluutta, joka toimii kannustimena lohkoketjun ylläpidolle. Bitcoin on ensimmäinen, suurin ja tunnetuin kryptovaluutta. Se aloitti toimintansa vuonna 2009. Muutamaa vuotta myöhemmin aloittanut Ethereum-lohkoketju on uudemman sukupolven lohkoketju, joka tukee älysopimuksia. Ne ovat Turing-täydellisiä ohjelmia, joita ajetaan eräänlaisessa hajautetussa supertietokoneessa.

5.4.2 Mikä on lohkoketju?

Lohkoketju on yksi hajautetun tilikirjan teknologioista. Se on vertaisverkkoperiaatteella (engl. peer-to-peer network) jaettava tietokanta tai tilikirja. Kirjassa (Mohanty, 2019) listataan seuraavanlaisia ominaisuuksia lohkoketjuille:

- Se on hajautettu tilikirja tai rekisteri julkisessa tai yksityisessä verkossa.
- Jokainen verkon solmu kantaa täydellistä kopiota tilikirjasta.
- Ei ole yksittäistä epäonnistumispistettä eikä seisokkeja.
- Dataa voi lisätä jokaisen tai ryhmän konsensuksella sen sijaan, että olisi centralisoitu/keskitetty viranomaisen. Siksi sitä sanotaan desentralisoiduksi konsensuksen suhteen.
- Lohkoketjussa oleva data on muuttumatonta (eli tietoa ei voi jälkikäteen muuttaa).
- Jokainen merkintä tietokannassa tunnetaan lohkona; jokainen lohko osoittaa ketjun edelliseen lohkoon.
- Jokainen uusi lohko (yleensä) sisältää ryhmän transaktioita, jotka liitetään lohkoketjun loppuun.
- Älysopimuksia voidaan ajaa tilikirjassa siten, että tiettyjen ehtojen toteutuminen laukaisee automaattisesti ohjelmat.

Kirjassa (Lipovyanov, 2019) on mainittu elinkeinovertikaaleja, jotka käyttävät lohkoketjua:

- Kryptovaluutta: Bitcoin, Ethereum, Ethereum Classic, Litecoin, Bitcoin Cash, Peercoin, Namecoin, Dogecoin, ...,
- Kyberturvallisuus: kehitteillä autentikointiprotokollia yleiseen käyttöön,
- Terveystietojen hallinta: esim. geenitietojen käyttöluvat,
- Rahoituspalvelut: pankkidata kuten finanssiedot, tilikirjat, takuut, obligaatiot,
- Teollisuus,

⁴ Henri Heinonen, väitöskirjatutkija, Jyväskylän yliopiston IT-tiedekunnassa.

- Hallinto,
- Jälleenmyynti,
- Media,
- Matkailu,
- Laki.

Lohkoketju on siis hajautettu (engl. distributed), desentralisoitu (engl. decentralized) tielikirja tai tietokanta, johon dataa voi lisätä turvallisella tavalla lisää loppuun -menetelmällä (engl. append-only). Voidaan siis ajatella, että lohkoketjun tiedoston loppuun on aina mahdollista lisätä uusi tietorivi, mutta aiempia rivejä ei voi muokata eikä poistaa.

Kirjassa (Linturi ja Kuusi, 2018) mainitaan monia sovelluskohteita lohkoketjuille. Tässä on vain muutamia poimintoja kirjan esimerkeistä:

- Kuormakirjojen ja logistiikan huollinnan hajauttaminen mahdollistuu.
- Lohkoketjupohjaiset transaktiot on helpompi automatisoida kuin viranomaisasiointi.
- Elintarvikkeiden ketju raaka-aineista kuluttajatuotteisiin voidaan yksittäisen tuotteen kotiin toimituksen tasolle asti kirjata lohkoketjuun.
- Yksilöllisten tavaroiden valmistustavat, materiaalit, kaupat, huoltohistoria ja muu elinkaari voidaan kirjata hajautetusti lohkoketjuun ja valvoa yhä helpompia tuotevääreännöksiä.
- Kiinteistöihin ja kunnossapitoon liittyvät transaktiot voidaan kirjata lohkoketjuun.
- Kaikki oikeudet, sopimukset ja transaktiot voidaan kirjata lohkoketjuun. Erillisiä rekisterinpitäjiä ei tarvita, mikäli lohkoketjua ei kyetä murtamaan.
- Lohkoketjut ovat luotettavampia globaalisti kuin paikalliset rekisteriviranomaiset.
- Lohkoketju on verrattain turvallinen nyt, mutta kvanttilaskennan edetessä (Heinonen, 2021) nykyiset lohkoketjut voidaan murtaa ja hajautettua järjestelmää on vaikea korjata.

Lisäksi kirjassa (Rousku ym., 2017) mainitaan esimerkiksi seuraavat projektit, joissa lohkoketjuja käytetään kirjaamaan omistuksia ja rekistereitä:

- Delawaren osavaltio on ilmoittanut kahdesta lohkoketjuprojektista, jotka liittyvät osakeyhtiön osake- ja osakasrekisteriin.
- Georgia, Ghana ja Ruotsi ovat ilmoittaneet tekevänsä maanomistusrekisterin lohkoketjuihin.
- Yhdistyneissä kuningaskunnissa apurahat aiotaan rekisteröidä lohkoketjuun.
- Suomessa on maahanmuuttajien lohkoketjupohjainen Moni-luottokortti.
- MIT ja Stanfordin yliopisto pilotoivat lohkoketjuun perustuvilla opintosuoritusrekistereillä.

Kryptografiset tiivistefunktiot

Kirjan (Judmayer ym., 2017) mukaan on tarpeellista käsitellä kahta kryptografista peruselementtiä: kryptografiset tiivistefunktiot ja asymmetrinen kryptografia eli julkisen avaimen kryptografia. Niiden avulla voitaisiin ymmärtää nykyisiä työtodistukseen (engl. Proof-of-Work) perustuvia kryptovaluuttoja (kuten Bitcoinia ja Ethereumia).

Tiivistefunktio H ottaa vastaan mielivaltaisen kokoisen, mutta äärellisen, viestin x , ja antaa ulos kiinteäkokoisen tiivisteeseen h . Kaikki kryptografiset tiivistefunktiot ovat tiiviste-funktioita, mutta kaikki tiivistefunktiot eivät ole kryptografisia tiivistefunktioita. Yleensä kryptovaluuttakuvauksissa kuitenkin viitataan tiivistefunktioilla nimenomaan kryptografisiin tiivistefunktioihin.

Kryptografisilla tiivistefunktioilla on neljä muutakin ominaisuutta (Judmayer ym., 2017):

1. Helppo laskea: On laskennallisesti helppoa laskea minkä tahansa äärellisen viestin tiiviste $h = H(x)$, missä h on kiinteälevyinen.
2. Esikuvaresistanssi (engl. pre-image resistance): Ei ole käytännössä mahdollista generoida viestiä, jolla olisi jokin tietty tiivisteeseen arvo. Kompleksisuusteorian mukaan tällä tarkoitetaan, että kyseinen toimenpide ei ole mahdollista polynomisessa ajassa. Tästä johtuen kryptografisia tiivistefunktioita kutsutaan yksisuuntaisiksi funktioiksi. Kun tunnetaan tiiviste h , on mahdotonta löytää viestiä x siten, että $h = H(x)$.
3. Toinen esikuvaresistanssi (engl. second pre-image resistance): Ei ole käytännössä mahdollista löytää kahta erilaista tiivistefunktiolle syötettyä viestiä, jotka tuottavat identtisen tulosteen, törmäyksen. Kun tunnetaan viesti m , on mahdotonta löytää toista viestiä m' siten, että $m \neq m'$ ja $H(m) = H(m')$.
4. Törmäysresistanssi (engl. collision resistance): Ei ole käytännössä mahdollista löytää mitään kahta erilaista tiivistefunktiolle syötettyä viestiä, jotka tuottavat identtisen tulosteen, törmäyksen. On mahdotonta löytää mitään kahta erilaista viestiä m, m' , missä $m \neq m'$ ja $H(m) = H(m')$.

Julkisen avaimen kryptografia

Julkisen avaimen kryptografialla voidaan tehdä kahta eri asiaa:

1. Kryptata viestejä julkisella avaimella, jolloin viestin saaja voi dekryptata viestin yksityisellä avaimellaan. Tämä sopii salaisten viestin lähettämiseen, koska vain vastaanottaja voi sen purkaa.
2. Kryptata viestejä yksityisellä avaimella, jolloin viestin saaja voi dekryptata viestin julkisella avaimella. Tämä sopii allekirjoittamiseen, koska kuka tahansa voi julkisen avaimen avulla avata viestin (eli varmentaa allekirjoituksen).

Vastoin yleistä luuloa, lohkoketjuissa ei (ainakaan yleensä) kryptata eli salata viestejä. Transaktiot allekirjoitetaan yksityisellä avaimella, ja transaktion mukaan liitetään yksityisestä avaimesta luotu julkinen avain, jonka avulla muut verkon käyttäjät voivat verifioida transaktion oikeellisuuden.

Kryptovaluutat ja louhiminen

Kryptovaluuttoja on nykyään jo useita tuhansia, mutta bitcoin on niistä tunnetuin. Bitcoin-sanalla voidaan viitata ainakin Bitcoin-protokollaan, Bitcoin-verkkoon ja bitcoin-kryptovaluuttaan. Bitcoin-protokolla tarkoittaa niitä sääntöjä, joita Bitcoin-ohjelmisto noudattaa. Yksi esimerkki Bitcoin-protokollan toteutuksesta on Bitcoin Core. Bitcoin-verkko tarkoittaa Bitcoin-ohjelmistoa ajavia tietokoneita, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Tämän verkon tarkoitus on verifioida ja hyväksyä Bitcoin-käyttäjien välillä tapah-

tuvat maksutapahtumat eli transaktiot. Bitcoin-transaktioissa siirretään bitcoin-osoitteesta toiseen bitcoin-kolikoita, jotka ovat siis bitcoin-kryptovaluuttaa, jolle on myös annettu valuuttasymboli BTC, virallisemmin XBT.

Bitcoin-kolikoita tulee olemaan olemassa noin 21 miljoonaa kappaletta vuoden 2140 paikkeilla. Jo nyt suurin osa bitcoin-kolikoista on louhittu eli kyseiset bitcoinit ovat käytettävissä bitcoin-ekonomiassa. Uusia bitcoineja syntyy jokaisen uuden lohkon mukana lohkopalkkion verran eli uusi satsi bitcoineja syntyy keskimäärin kerran kymmenessä minuutissa. Lohkopalkkio puolittuu neljän vuoden välein. Bitcoinin aloittaessa vuonna 2009 lohkopalkkio oli 50 BTC/lohko, mutta nyt (vuonna 2021) lohkopalkkio on enää 6,25 BTC/lohko. Lohkopalkkio maksetaan lohkon löytäneelle louhijalle kannustimena. Lohkopalkkion lisäksi louhija saa itselleen lohkon sisällytettyjen transaktioiden mukaan liitetyt siirtokulut.

Tärkeä mittari kuvaamaan lohkoketjun suorituskykyä on transaktioiden määrä sekunnissa:

$$TPS = \frac{\text{lohkon koko (tavua)}}{\text{transaktion keskimääräinen koko} \left(\frac{\text{tavua}}{\text{transaktio}} \right) \times \text{keskimääräinen lohkojen välillä kuluva aika (sekuntia)}}$$

Bitcoinissa lohkon koko on tyypillisesti noin miljoona tavua, tyypillinen transaktio on kooltaan noin 250 tavua ja lohkojen välillä kuluu yleensä noin 600 sekuntia. Tästä saadaan arvio, että Bitcoin pystyy käsittelemään korkeintaan noin 7 transaktiota sekunnissa. (Hassani ym., 2019)

Bitcoin-louhinnalla on parikin käyttötarkoitusta: Se on eräs tapa saavuttaa konsensus hajautetussa, desentralisoidussa, järjestelmässä siten, että louhijat kilpailevat siitä, kuka pääsee luomaan uuden lohkon lohkoketjuun. Lisäksi se on tapa jakaa uutta kryptovaluuttaa järjestelmään.

Bitcoin-louhintaa (Dhillon ym., 2017) voidaan tehdä seuraavilla menetelmillä:

- CPU-louhiminen,
- GPU-louhiminen,
- FPGA-louhiminen,
- ASIC-louhiminen,
- Louhinta-altaat,
- Louhintapilvipalvelut.

Näistä mielenkiintoisia ovat tällä hetkellä GPU-louhiminen, ASIC-louhiminen ja louhinta-altaat (engl. mining pools). GPU:lla eli näytönohjaimella voi louhia tiettyjä ASIC-resistanteja kryptovaluuttoja kuten etheriä (ETH) ja Vertcoinia (VTC). Bitcoinia on kannattavaa louhia ainoastaan ASIC-laitteilla. Lisäksi yksittäisten käyttäjien ja pienien organisaatioiden on kytkeydyttävä johonkin louhinta-altaaseen, jossa jaetaan louhintatyötä satojen muiden louhijoiden kesken. Louhinta-allas saattaa jossain vaiheessa löytää oikeanlaisen lohkon lisättäväksi lohkoketjun perään. Lohkopalkkio ja siirtokulut menevät altaalle, mutta allas jakaa palkkion oikeassa suhteessa altaan käyttäjien kesken.

Lohkoketjun haarautuminen

Avoimen lähdekoodin projekteja voi haarauttaa. Linux on tästä hyvä esimerkki: Kuka tahansa voi haarauttaa Linuxin lataamalla itselleen Linuxin lähdekoodin, tekemällä siihen muutoksia, ja lataamalla muokatun Linuxin Internet-palvelimelle muiden ladattavaksi. (Rosenbaum, 2019)

Bitcoin on myös avoimen lähdekoodin projekti, jonka voi haarauttaa, mutta Bitcoinin tapauksessa *haarauttamisella* tarkoitetaan muutosta konsensussäännöissä. Konsensussääntöjen muuttaminen ei ole helppoa, koska kuka tahansa yksityishenkilö voi ajaa Bitcoin-ohjelmistoa eikä ketään voida pakottaa päivittämään uudempaan versioon. (Rosenbaum, 2019)

Bitcoinin konsensussääntöjä voi muuttaa kahdella tavalla: pehmeällä haarauttamisella (engl. soft fork) tai kovalla haarauttamisella (engl. hard fork). Pehmeä haarauttaminen tiukentaa konsensussääntöjä: esimerkiksi lohkokoon pienentäminen 1 megatavuusta puoleen megatavuun. Kova haarauttaminen joustaa konsensussääntöjä: esimerkiksi lohkokoon suurentaminen 1 megatavuusta 2 megatavuun. (Rosenbaum, 2019) Kova haarautuminen tarkoittaa, että uudet säännöt ovat epäyhteensopivia vanhojen sääntöjen kanssa. Kaikkien pitää päivittää uuteen ohjelmistoon. Jos jokin käyttäjäryhmä kieltäytyy päivittämisestä ohjelmistoa, tapahtuu ketjun halkeaminen (engl. chain split), jossa yhden ketjun validit lohkot eivät ole valideja toisessa. (Iyer ja Dannen, 2018).

Reaalielämän esimerkkinä otettakoon vegetaristiystävällinen ravintola, joka tarjoaa taulukon 2 mukaista ruokaa. Ravintola voi tehdä kovan haarautumisen lisäämällä kaikkeen tarjoiltavaan ruokaan lihaa tai pehmeän haarautumisen muuttamalla kaiken tarjoiltavan ruoan vegaaniseksi. (Rosenbaum, 2019)

TAULUKKO 2 Esimerkki kovasta ja pehmeästä haarautumisesta: vegetaristinen ravintola.

Ravintola tarjoaa ai-noastaan	Kelpaako ruoka vegetaristeille?	Haarautumistyyppi	Miksi kelpaa/ei kelpaa?
Vegetaristista ruokaa	Kyllä	Ei mitään	Vegetaristit syövät vegetaristista ruokaa.
Lihaa sisältävää ruokaa	Ei	Kova haarautuminen	Sääntöjä joustetaan. Vegetaristit eivät voi enää syödä täällä.
Vegaanista ruokaa	Kyllä	Pehmeä haarautuminen	Sääntöjä tiukennetaan. Vegetaristiset säännöt pätevät edelleen.

Bitcoin on haarautunut jo useita kertoja. Tunnettu esimerkki haarautumisesta on Bitcoinin (BTC) haarautuminen Bitcoin Cash (BCH) -nimiseen uuteen lohkoketjuun. Bitcoin Cash tukee esimerkiksi suurempia lohkoja kuin tavallinen Bitcoin. Lisäksi Bitcoin Cash mahdollistaa Simple Ledger Protocol (SLP) -tekniikan mukaiset rahakkeet. Lisäksi Bitcoin Cash on haarautunut Bitcoin Satoshi's Vision (BSV) -nimiseen lohkoketjuun, jossa lohkot voivat olla vieläkin suurempia kuin Bitcoin Cashissa. Tällä muutoksella yritetään tuoda kryptovaluutalle skaalautuvuutta yhtälön (1) mukaisesti.

Lohkoketjun haarautuminen aiheuttaa monimutkaisia ongelmia. Mitä esimerkiksi tapahtuu älysopimukselle, joka haarautuu kahteen tai useampaan lohkoketjuun? Minkä lohkoketjun älysopimusta sopimuksen osapuolet alkavat seurata?

5.4.3 Mikä on älysopimus?

Nick Szabo keksi älysopimukset 1990-luvulla. Bitcoinin yksinkertainen skriptikieli mahdollistaa Turing-epätäydelliset älysopimukset, joissa ei voi olla esimerkiksi silmukkarakennea. Ethereum-lohkoketju teki Turing-täydelliset älysopimukset tunnetuiksi. Mitä niillä voi tehdä? Älysopimuksilla voi vaihtaa rahaa, omaisuutta, osakkeita tai mitä tahansa, jolla on arvoa, läpinäkyvällä ja konfliktivapaalla tavalla ilman mahdollisesti kalliita välikäsiä. Yksinkertainen esimerkki älysopimuksesta on kolikkoautomaatti: käyttäjä asettaa kolikon automaatin kolikkokoloon ja painaa nappia, kolikkoautomaatti antaa käyttäjälle esimerkiksi hänen valitsemansa karkkipussin.

Lohkoketjussa toimiva älysopimus on ohjelmakoodia, joka on tallennettu lohkoketjuun. Sopimuksen koodi ja ehdot ovat julkisesti saatavilla tilikirjassa. Kun jokin sopimuksessa kuvailtu tapahtuma tapahtuu, esimerkiksi saavutetaan tietty ajankohta tai jokin hintataso, sopimuksen koodi ajetaan.

Ethereumin älysopimuksia varten on olemassa esimerkiksi standardit ERC-20, ERC-223, ERC-721, ERC-777, ERC-827, ERC-664, ERC-677 ja ERC-1155. ERC:iden (engl. Ethereum Request for Comments) idea muistuttaa IETF:n RFC:istä (engl. Request for Comments), jotka ovat kirjava joukko asiakirjoja, jotka kuvaavat Internetin erilaisia käytäntöjä. ERC:t ovat siis vastaavanlainen asiakirjajoukko Ethereumin erilaisille käytännöille. ERC-20 on ehkä tunnetuin näistä; se kuvaa kuusi erilaista funktiota, joita tarvitaan Ethereumin rahakkeiden perustoimintoihin kuten rahakkeen lähettämiseen käyttäjältä toiselle.

Hajautettu sovellus (dApp, engl. distributed application) on sovellus, jonka avulla vuorovaikutetaan älysopimuksen kanssa. Älysopimus itsessään on taltioitu esimerkiksi Ethereum-lohkoketjuun.

Esimerkkejä terveydenhoitoalalta

Tutkimus (Yue ym., 2016) esittelee arkkitehtuurin potilaan terveystietojen tallentamiseen ja jakamiseen lohkoketjuteknologian avulla. Artikkelissa (Zhang ym., 2017) esitellään ohjelmistosuunnittelumalleja potilasdatan käytönhallintaan siten, että välttyttäisiin potilasterveystietojen tarpeetonta monistumista (duplikaatteja). Artikkelin puolestaan keskittyy kehittämään tiettyjä terveydenhoitoprosesseja kuten varaamista (buukkaamista) ja konsultointia parantamalla yhteentoimivuutta eri terveydenhoitotietojärjestelmien välillä.

Tulevaisuudessa potilas voi mennä esimerkiksi Karstulan terveyskeskukseen, jossa lääkäri saa tarvittavat (ja vain tarvittavat) tiedot potilaan terveystilasta ja terveyshistoriasta lohkoketjutekniikoiden avustuksella. Kuka tahansa lääkärikään ei siis voi katsella kaikkea mahdollista sensitiivistä tietoa potilaasta. Näin yksityisyys turvataan mahdollisimman hyvin. Lääkäri lähettää potilaan Novaan taksilla. Kyyti maksetaan lohkoketjupohjaisella

palvelusetelillä. Potilas joutuu leikkaukseen ja kuntoutukseen. Potilastiedot jaetaan lohkoketjutekniikoilla siten, että tieto on heti (muutamassa minuutissa) kaikkien osapuolten käytettävissä eikä kukaan ylimääräinen voi katsella missään vaiheessa sensitiivisiä tietoja potilaasta.

Fimean mukaan lääkeväärennöksiä on ollut liikkeellä. Tämän malliesimerkin potilaan saamat lääkkeet ovat lähes takuuvarmasti aitoja, sillä lohkoketjutekniikat pienentävät lääkeväärennösten mahdollisuutta. Älysopimus voisi sisältää tiedon potilaan käyttämistä lääkkeistä, ja lääkeannostelija voisi reaaliajassa kirjata älysopimukseen tiedon siitä, mitä lääkkeitä on potilas juuri ottanut. Lisäksi lääkeannostelija voisi muistuttaa potilasta lääkkeiden ottamisesta oikeaan aikaan.

Toinen esimerkki koskee ikääntyneen henkilön kotihoitoa. Tällainen kotihoitoketju sisältää useita toimijoita ja toimintoja kuten siivous, lääkehuolto, kuntoutus, ruokahuolto ja sosiaaliset tarpeet. Kutakin asiakasta varten on oma älysopimus, johon on kirjattu asiakkaan erityistarpeet ja terveydentilaa koskevat asiat yksityisyyttä kunnioittavalla tavalla. Asiakkaan älykello kirjaa vaikkapa viiden minuutin välein älysopimukseen tiedot siitä, onko hän liikkunut ja mikä on ollut viimeisin sykkeen arvo. Jos älysopimus havaitsee, että asiakas on ollut pitkään liikkumatta tai jos syke näyttää vaarallisen alhaisia tai korkeita arvoja, lähetetään hälytysviesti asiakkaan lähiomaiselle, naapurille tai kotihoidon toimihenkilöille. Vaaratilanteessa voitaisiin lähettää myös suoraan viesti hätäkeskukseen. Älykellot osaavat nykyään tunnistaa myös käyttäjänsä stressitason. Jos älykello kirjaa älysopimukseen liian korkean stressitason, voidaan esimerkiksi soittaa asiakkaan lempimusiikkia tai avata videopuheluyhteys asiakkaan ja hänen lähiomaisensa välille, sillä sosiaalinen kanssakäyminen voi usein vähentää stressitasoja.

Digitaide ja ei-vaihdettavat rahakkeet (NFT)

2020-luvun alussa pinnalle nousivat ei-vaihdettavat rahakkeet (engl. non-fungible tokens) eli NFT:t. Vaihdettavuus tarkoittaa sitä, että millä tahansa 10 euron setelillä voi maksaa 10 euron arvoisen ostoksen, vaikka niissä on yleensä ainoana erottavana tekijänä eri sarjanumero. Samanarvoiset setelit ovat siis vaihdettavissa (engl. fungible) keskenään.

Entäs, jos luodaan rahake, jotka eivät ole vaihdettavissa keskenään? Missä niitä voisi hyödyntää? NFT:t voivat edustaa lähes mitä tahansa kosketeltavaa tai ei-kosketeltavaa kohdetta kuten urheilukortteja, pelikortteja, maalauksia tai vaikkapa virtuaalisia kiinteistöjä. Erona fyysisiin keräilykohteisiin on se, että NFT:t sisältävät tietoa, jotka tekevät niistä yksilöllisiä ja helposti verifioitavia. Jokainen NFT voidaan helposti jäljittää alkuperäiseen liikkeeseenlaskijaan.

Tunnettu esimerkki NFT:stä on CryptoKitties-peli, jossa kissahahmojen ominaisuuksia periytyy jälkeläiskissoille. Kaikki nämä kissahahmot ovat ei-vaihdettavia rahakkeita Ethereum-lohkoketjun päällä toimivassa älysopimuksessa. Beeple-nimellä tunnettu taiteilija myi vuonna 2021 taideteoksensa NFT:nä hintaan 69 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria. NFT-taiteesta löytyy myös suomenkielinen ja kattava kuvaus.

Lähteet

- Beeple sold an NFT for \$69 million - The Verge. <https://web.archive.org/web/20210328171758/https://www.theverge.com/2021/3/11/22325054/beeple-christies-nft-sale-cost-everydays-69-million>. Käytetty: 2021-03-29.
- Dhillon, V., D. Metcalf ja M. Hooper. 2017. Blockchain Enabled Applications: Understand the Blockchain Ecosystem and How to Make it Work for You. Apress. ISBN: 9781484230817. <https://books.google.fi/books?id=9fRADwAAQBAJ>.
- Hassani, H., X. Huang ja E.S. Silva. 2019. Fusing Big Data, Blockchain and Cryptocurrency: Their Individual and Combined Importance in the Digital Economy. Springer International Publishing. ISBN: 9783030313913. <https://books.google.fi/books?id=HJXFDwAAQBAJ>.
- Heinonen, Henri. 2021. "Katsaus kvanttilaskentateknologiaan ja sen sovelluksiin". Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisu, numero 88.
- Iyer, K., ja C. Dannen. 2018. Building Games with Ethereum Smart Contracts: Intermediate Projects for Solidity Developers. Apress. ISBN: 9781484234921. <https://books.google.fi/books?id=1y1dDwAAQBAJ>.
- Judmayer, A., N. Stifter, K. Krombholz, E. Weippl, E. Bertino ja R. Sandhu. 2017. Blocks and Chains: Introduction to Bitcoin, Cryptocurrencies, and Their Consensus Mechanisms. Synthesis Lectures on Information Security, Privacy, and Trust. Morgan & Claypool Publishers. ISBN: 9781681732022. <https://books.google.fi/books?id=0Fk7DwAAQBAJ>.
- Koistinen, Tommi. NFT-taide ja -keräily: Mitä kaikkea on tarjolla? - Bitcoinkeskus.com. <https://web.archive.org/web/20210316112121/https://bitcoinkeskus.com/nft-taide-keraily/>. Käytetty: 2021-03-29.
- Kormiltsyn, Aleksandr, Chibuzor Udokwu, Kalev Karu, Kondwani Thangalimodzi ja Alex Norta. 2019. "Improving Healthcare Processes with Smart Contracts". Teoksessa Business Information Systems, toimittanut Witold Abramowicz ja Rafael Corchuelo, 500–513. Cham: Springer International Publishing. ISBN: 978-3-030-20485-3.
- Linturi, Risto, ja Osmo Kuusi. 2018. "Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018–2037". Yhteiskunnan toimintamallit uudistava radikaali teknologia. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 1:2018.
- Lipovyanov, P. 2019. Blockchain for Business 2019: A user-friendly introduction to blockchain technology and its business applications. Packt Publishing. ISBN: 9781789958065. <https://books.google.fi/books?id=PtmFDwAAQBAJ>.
- Lääkeväärennös voi tappaa – älä hanki laittomia lääkkeitä. <https://web.archive.org/web/20210323000656/https://www.fimea.fi/-/laakevaarennos-voitappaa-ala-hanki-laittomia-laakkeita>. Käytetty: 2021-03-24.
- Mohanty, Debajani. 2019. R3 Corda for Architects and Developers: With Case Studies in Finance, Insurance, Healthcare, Travel, Telecom, and Agriculture. Apress.
- NFTs, explained: what they are, and why they're suddenly worth millions - The Verge. <https://web.archive.org/web/20210327105341/https://www.theverge.com/22310188/nft-explainer-what-is-blockchain-crypto-art-faq>. Käytetty: 2021-03-29.
- Rosenbaum, K. 2019. Grokking Bitcoin. Manning Publications. ISBN: 9781617294648. <https://books.google.fi/books?id=OrgWtAEACAAJ>.

- Rosic, Ameer. Smart Contracts: The Blockchain Technology That Will Replace Lawyers. <https://web.archive.org/web/20210130223547/https://block-geeks.com/guides/smart-contracts/>. Käytetty: 2021-02-09.
- Rousku, Kimmo, Risto Linturi, Cristina Andersson, Sari Stenfors, Ilkka Lähteenmäki, Timo Kärki ja Jarno Limnéll. 2017. "Pilkahduksia tulevaisuuteen–digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet".
- Smart Contracts and dApps Development Services | TheBlockBox. <https://web.archive.org/web/20210329090122/https://theblockbox.io/dapp-and-smart-contracts-development/>. Käytetty: 2021-03-29.
- Van Hijfte, S. 2020. Blockchain Platforms: A Look at the Underbelly of Distributed Platforms. Synthesis Lectures on Computer Science. Morgan & Claypool Publishers. ISBN: 9781681738925. <https://books.google.fi/books?id=livxDwAAQBAJ>.
- Yue, Xiao, Huiju Wang, Dawei Jin, Mingqiang Li ja Wei Jiang. 2016. "Healthcare data gateways: found healthcare intelligence on blockchain with novel privacy risk control". Journal of medical systems 40 (10): 1–8.
- Zhang, Peng, Jules White, Douglas C Schmidt ja Gunther Lenz. 2017. "Applying software patterns to address interoperability in blockchain-based healthcare apps". arXiv preprint arXiv:1706.03700.

5.5 Robotti, robotiikka ja robotisaatio

Pasi Hänninen⁵

5.5.1 Johdanto

Teknologia kehittyy kehittymistään, eikä robotiikka ole siinä poikkeus. Robotiikan on sanottu tuovan mukanaan neljännen teollisen vallankumouksen, kadottaen samalla lukemattomia vanhoja ja perinteisiä ammatteja kokonaan.

On selvää, että uusien teknologioiden myötä katoaa jotakin vanhaa ja perinteistä. Näin on ollut aiemminkin, siitä esimerkkinä Gutenbergin kirjapainokone, Wattin höyrykone, nykyaikainen tietokone, jonka isänä moni pitää Alan Turingia, sekä alun perin Yhdysvaltain puolustusministeriön tarpeisiin kehitetty internet. Jokainen näistä suurista keksinnöistä ja teknologioista on vähentänyt vanhojen ja perinteisten ammattien ja niiden taitajien tarvetta (tai jopa poistanut tarpeen niihin!).

Robotiikka ei ole tämän suhteen poikkeus. Usein kuitenkin unohdetaan se, että vanhan poistuessa syntyy jotain uutta, siis tarvetta uudentalaiselle osaamiselle. Tietokoneen kehittäminen on poistanut esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmien takia tarvetta manuaaliselle kirjanpitämiselle ja siten myös vähentänyt kirjanpitäjiä. Samalla on kuitenkin syntynyt tarvetta aivan uudentalaiselle osaamiselle: tarvitaan ohjelmoijia, tietoteknikoita, tietojärjestelmätieteilijöitä, elektroniikkainsinöörejä, visionäärejä... ja lukemattomia muita ammattilaisia.

Vanhoja ammatteja katoaa ja uusia syntyy

Robotiikka tulee kadottamaan aiempien suurten teknologisten keksintöjen tapaan vanhoja ammatteja ja työpaikkoja, se on vain hyväksyttävä. Sen ei silti tarvitse tarkoittaa lukemattomia uusia työttömiä, sillä robotiikka tuo mukanaan tarpeen uudentalaiselle ammattitaidolle.

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan (2018) julkaiseman *Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018–2037* -raportin (Linturi & Kuusi, 2018) mukaan vaikka robotisaation myötä esimerkiksi rakennusala ja liikenne tulevat menettämään perinteisiä työpaikkoja (esim. muuraaminen, maalaaminen, materiaalien ja ihmisten siirtäminen), samalla kuitenkin syntyy aivan uusia, kuten yhteisöllisyysuunnittelijan, robottirakennusmateriaalisääntäjän tai kunnossapitorobottivalmentajan työpaikkoja. Kun esimerkiksi siivoojarobotit tulevat viemään työpaikkoja siivoojilta, tarvitaan uusia ammattilaisia siivoojarobottien valmistamiseen, kehittämiseen ja kunnossapitoon. Tulevaisuusvaliokunnan julkaisun mukaan tällaisia uusia uuden teknologian luomia ammatteja voisi olla peräti 200. (Linturi & Kuusi, 2018)

⁵ Pasi Hänninen, väitöskirjatutkija Jyväskylän yliopiston IT-tiedekunnassa

Robotiikka ei tuo mukanaan vain tarvetta uudelle ammattitaidolle, se tuo myös arvoa perinteiselle työlle. Tästä on hyvänä esimerkkinä Seinäjoen keskussairaалassa työskentelevät logistiikkarobotit, jotka kuljettaessaan mm. petivaatteita vapauttavat hoitajien työaika varsinaiseen hoitotyöhön. Tämä tarkoittaa sitä, että hoitajilla on käytössään enemmän aikaa hoidettaville potilaille.

On arvioitu, että sairaaloissa käytettävä robotiikka voisi vapauttaa jopa 20 % hoitajien työajasta varsinaiseen hoitotyöhön. (Andersson ym., 2016, 36.)

Nykyisellään hoitajien viisipäiväisestä työviikosta menee arvion mukaan vain vajaa kolme työpäivää varsinaiseen hoitotyöhön, joten 20 % vapauttaminen tarkoittaisi *kokonaista* yhtä työpäivää hoitotyötä varten. Jos tässä asiassa robotiikka voi auttaa, on sitä koko yhteiskunnan kannalta varsin järkevää hyödyntää. (Andersson ym., 2016, 36.)

Science fictionin vaikutus robotiikkaan

Sana *robotti* on peräisin tšekinkielisestä pakkotyötä tarkoittavasta sanasta *robota*. Näin ollen robotti on pakkotyötä tekevä, siis orja, joka tottelee sille annettuja käskyjä. Sanaa *robotti* ensimmäistä kertaa käyttäneelle tšekkiläiselle näytelmäkirjailijalle *Karel Capekille* robotit olivat keinotekoisia, mutta biologisia ihmisenkaltaisia olentoja, jotka ovat korvanneet työnteossa ihmiset. *Karel Capek* oli ensimmäinen, joka käytti sanaa robotti (Capek, 1920), mutta sanan varsinainen keksijä oli hänen veljensä *Josef Capek* (Zunt, 2017).

Robotiikan kannalta vielä *Karel Capekiakin* merkittävämpi oli venäläisen kirjailijan *Isaac Asimovin* rooli, hän oli paitsi tieteiskirjailija, myös sanan *robotiikka* keksijä (Asimov, 1941). *Asimov* esitteli novellissaan *Runaround* robotiikan kolme pääsääntöä (Asimov, 1950), jotka ovat:

1. Robotti ei saa vahingoittaa ihmistä eikä laiminlyönnistä johtuen saattaa tätä vahingoittumaan.
2. Robotin on toteltava ihmisen sille antamia määräyksiä paitsi, milloin ne ovat ristiriidassa ensimmäisen pääsäännön kanssa.
3. Robotin on varjeltava omaa olemassaoloaan niin kauan kuin tällainen varjeleminen ei ole ristiriidassa ensimmäisen eikä toisen pääsäännön kanssa.

Näiden lisäksi *Asimov* lisäsi myöhemmin vielä nollannen säännön (Asimov, 1985) edeltämään edellisiä sääntöjä:

1. Robotti ei saa vahingoittaa ihmiskuntaa tai laiminlyönnin tuottaa ihmiskunnalle vahinkoa.

Asimovin robotiikan kolme pääsääntöä eli moraalisisäännös roboteille on vaikuttanut suuressi myöhempään robotteja käsittelevään tieteiskirjallisuuteen, sekä myös itse robotiikan kehitykseen.

5.5.2 Mikä on robotti?

Robotilla voidaan arkikielessä ymmärtää laveasti ihmisen tekemää mekaanista laitetta, joka on jollakin tavalla vuorovaikutuksessa ympäröivään maailmaan. Tämä määritelmä on kuitenkin aivan liian lavea, joten tarvitaan tarkempi, selkeämpi määritelmä. Määritelmiä tuntuu löytyvän useita, mutta onneksi meillä on standardoitu robotin määritelmä, joka on myös laajimmin käytössä. *International Organization for Standardization* eli ISO on määritellyt ISO 8373 –standardissa (ISO, 2012) robotin seuraavasti:

"actuated mechanism programmable in two or more axes with a degree of autonomy, moving within its environment, to perform intended tasks"

Standardin mukaan robotin tulee siis olla *ohjelmoitava, autonominen, sekä kykenevä suorittamaan sille annettuja tehtäviä*. Tarkemmin sanottuna robotin tulisi olla uudelleenohjelmoitava ja sen tulisi pystyä liikkumaan vähintään kahdella akselilla omassa (rajatussa) ympäristössään suorittaakseen sille annettuja tehtäviä. Ensimmäinen mielikuva tästä määritelmästä on tehtaissa usein havaittava teollisuusrobotti.

Mitä muuta standardin mukainen määritelmä kertoo robotista? Autonomisuuden vaatimus poissulkee erilaiset kauko-ohjattavat laitteet, joten kauko-ohjaimella toimiva lasten lelurobotti (tai esim. kauko-ohjattava RC-auto) ei tämän perusteella ole robotti. Standardi muistuttaa robotin määritelmän osalta alkuperäistä tšekin kielistä robottia tarkoittavaa sanaa *robota*. Robotiikan standardi ISO 8373 määrittelee robotiikan tarkoittavan robottien suunnitteluun, valmistamiseen ja käyttämiseen liittyvää tiedettä ja toimintaa (ISO, 2012):

"science and practice of designing, manufacturing, and applying robots".

Robotiikka käsitetään kuitenkin myös poikkitieteelliseksi tutkimukseksi, omaksi tieteenalaksi. Tieteenalana robotiikka on pyrkinyt hyödyntämään poikkitieteellistä tutkimusta niin tietotekniikan, matematiikan, fysiikan, biologian, psykologian kuin esimerkiksi kognitiotieteenkin alalta.

Robottien määrittely ja luokittelu

Todennäköisesti käytetyin tapa luokitella robotit, on luokitella ne niiden käyttötarkoituksen mukaan *teollisuusrobotteihin* ja *palvelurobotteihin*. Tehdasympäristössä kokoonpanotyötä tekevät robotit voisi olla helppo määritellä *teollisuusrobotteiksi*, mutta kansainvälinen robotiikan keskusjärjestö *International Federation of Robotics (IFR)* perustaa oman määritelmänsä ISO 8373 –standardiin (ISO, 2012) ja määrittelee *teollisuusrobotteilta* seuraavasti (IFR, 2016a):

"automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator, programmable in three or more axes".

Yksinkertaisesti sanottuna *teollisuusrobottien* tulee olla *uudelleenohjelmoitavia ja monikäyttöisiä manipulaattoreita, ohjelmoitavissa liikkumaan vähintään kolmella akselilla (esim. x, y ja z)*. Uudelleenohjelmoitavuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että

robotin liikkumista tai toimintoja voidaan muuttaa ilman fyysisiä muutoksia siihen. *Teollisuusrobotit* suunnitellaan toimimaan *teollisuuden tehtävissä*. (IFR, 2016a)

Entäpä *palvelurobotit*? *Palvelurobotit* IFR määrittelee puolestaan seuraavalla tavalla (IFR, 2016b):

“robot that performs useful tasks for humans or equipment excluding industrial automation applications”.

Palvelurobotteja ovat siis *IRF:n* mukaan ne robotit, jotka suorittavat niille annettuja tehtäviä, mutta jotka eivät työskentele teollisuuden tehtävissä. *IRF* luokittelee *teollisuusrobotit* niiden mekaanisen rakenteen perusteella, kun taas *palvelurobotit* luokitellaan niiden käyttötarkoituksen perusteella, jaotellen lisäksi ne *yksityiskäyttöisiin* (*personal service robot*) ja *ammattikäyttöisiin* (*professional service robot*). (IFR, 2016b)

Tämä ei ole ainoa tapa luokitella robotteja, mutta *teollisuusrobotit-palvelurobotit –jaottelu* on varsin tavanomainen tapa. Se ei ole kuitenkaan täydellinen, koska se mm. poisulkee *ohjelmistorobotiikan* (esim. botit ja chatbotit), jota moni on tottunut pitämään osana robotiikkaa. Joissakin yhteyksissä myös *sotarobotiikka* luokitellaan omaksi luokakseen. Standardeihin perustuva luokittelu on kuitenkin todennäköisesti vakiintunein tapa luokitella robotteja, ehkä myös helpoin ymmärtää.

Robotiikan historia

Robotiikan historiaa on vaikea kirjoittaa ilman viittausta helleeniseen luonnontieteen. Antiikin kreikkalainen keksijä, mekaanikko ja matemaatikko *Heron Aleksandrialainen* (noin 10–70 jaa.) yhdisteli keksinnöissään mm. mekaniikkaa, hydraulikkaa ja pneumatiikkaa. *Heron* pyrki hämmästyttämään keksinnöillään (esim. eolipiili eli höyryturbiini), jotka olivat enemmän leikkikaluja kuin käytännöllisiä mekaanisia laitteita.

Rationalismin aikakaudella ranskalainen filosofi *Descartes* teki metafysisiä mietiskelyjä. Hänen keskeinen näkemyksensä oli, että ihmisruumis on pohjimmiltaan mekaaninen ja deterministinen rakennelma: ainoastaan ihmismieli on vapaa mekanistisuuden rajoitusta. Tällä ajattelulla on yhtymäkohtansa myös robotiikkaan ja tekoälyyn.

Eräs varhaisista robottien edeltäjästä on ranskalaisen *Jacques de Vaucanson’n* mekaaninen anka vuodelta 1738. *Vaucanson’n* keksinnöistä merkittävämpi lienee kuitenkin reikäkortein operoitava täysin automaattinen kutomakone, joka aiheutti kutomotyöläisten keskuudessa vastarintaa. Konetta ei lopulta otettu koskaan käyttöön.

1800-luvulla Euroopan teollinen vallankumous oli käynnissä, kiitos siitä mm. sähkövirran valjastamisen hyötykäyttöön. Vuosisadan lopun suuren keksijän serbialaisen *Nikola Tesla* kehittämää kauko-ohjattavaa venettä vuodelta 1898 voidaan pitää ensimmäisenä nykyaikaisena robottina, jos siis hyväksytään myös kauko-ohjattavat laitteet robottien luokkaan.

1900-luvulle tultaessa robottien kehitys nopeutui ja robotteja hyödynnettiin yhä enemmän käytännön tehtävissä. Tästä ovat esimerkkinä *Willard Pollardin* ja *Harold Roselundin* rakentama maaliruiskurobotti vuodelta 1938, sekä *John Parsonsin* ja *Frank Stulenin* ensimmäinen ohjelmitava *CNC-jyrsinkone* vuodelta 1952. Tuota laitetta pystyi ohjelmoimaan tietokoneelta reikänauhalla.

Ensimmäisenä teollisuusrobotina pidetään *George Devolin* vuonna 1954 esiteltyä *Unimatea* (Nof, 1999). *Unimate* oli käsivarsirobotti ja se oli ohjelmitavissa eli sitä pystyi periaatteessa käyttämään eri tehtävissä. Yhdessä *Joseph Engelbergin* kanssa *Devol* perusti *Unimationin*, ensimmäisen robotteja valmistaneen yrityksen. Ensimmäinen kaupallinen versio robotista asennettiin vuonna 1961 yhdysvaltalaisen *General Motorsin* New Jerseyyn autonosia valmistavalle tuotantolinjalle. Robotti osoittautui kaupalliseksi menestykseksi ja kykeni korvaamaan ihmistyöntekijät aiemmin ihmisille vaarallisessa punahelkuisten ja painavien autonosien siirtämisessä. (Malone, 2011; Menzel & D'Aluisio, 2000)

Ensimmäisen *Unimaten* työtehtävä oli juuri sellainen, missä teollisuusrobotit ovat parhaimmillaan: *likainen, yksitoikkoinen ja vaarallinen*. Pian *Unimate*-robotit yleistyivät myös muilla *General Motorsin* autotehtaiden tuotantolinjoilla, muiden autonvalmistajien ja kilpailevien robottivalmistajien seurattessa pian perässä. Robottien yleistymisestä kertoo mm. se, että *General Motors* pystyi *Unimationin* roboteilla automatisoimaan yli 90 % autotehtäidensä suorittamasta autokorien hitsauksesta 1960-luvun lopulle tultaessa. (Munson, 2010; Menzel & D'Aluisio, 2000)

5.5.3 Robottiikan tulevaisuudennäkymiä

Robottiikkaan liittyy paljon *odotuksia*. Vaikka robotiikasta on todettu olevan hyötyä, sitä hyödynnetään kuitenkin vielä varsin vähäisesti. Esimerkiksi sosiaali- ja terveysalalla *robotiikan on todettu vapauttavan hoitohenkilökunnan työaika* noin 20 % nykyistä enemmän varsinaiseen hoitotyöhön. (Andersson ym., 2016)

Myös organisaation robotiikka ja ohjelmistorobotiikka ovat osoittaneet hyödyllisyytensä ja jo tuoneet säästöjä sekä tehostaneet toimintoja. Sosiaalisia robotteja kehitetään jatkuvasti ja niitä on tuotu jo osaksi arkipäiväistä elämäämme. Teollisuusrobotit ovat olleet pisimpään vaikuttamassa arkeemme mahdollistamalla massatuotannon entistä edullisemmin.

Robottiikka, tekoäly ja työelämä

Kuinka suuren muutoksen tekoäly ja robotiikka tekevät arkeemme? Miten osaaminen muuttuu tulevaisuudessa? Mitä tämä tarkoittaa tutkimukselle ja opetukselle? Kuinka paljon työpaikat vähenevät ja mitä uusia työpaikkoja syntyy?

Robotisaatiota hidastaa paitsi roboteissa hyödynnettävä vielä varsin nuori teknologia, mutta myös *muutosvastarinta* ja osin jopa pelko robotteja kohtaan. Lisäksi *robotisaatiota* hidastaa osaamisen puute. Robottiikkaan liittyy aina myös vielä *ratkaisemattomia eettisiä kysymyksiä*. Suomessa *robotisaatiota* hidastaa myös hitaasti uudistuva lainsäädäntö.

däntö. Väestön ikääntyessä robotiikan merkitys kuitenkin tulee kasvamaan myös Suomessa, laadukasta ja yksilöllistä hoitoa olisi muuten liian vaikea ja kallis järjestää, jos tavoitteena on säilyttää nykyinen hoidon laatu.

Tästä huolimatta viime aikoina on esitetty suurtakin julkisuutta saaneita varoituksia liittyen tekoälyn tai robotiikan nopeaan kehittymiseen. Suurin pelko liittyy kuitenkin robotien rooliin ihmisten korvaajana erityisesti teollisuuden työpaikoilla. Todellisuudessa kuitenkin ihminen on kyvykkäämpi, joustavampi ja monipuolisempi hyvin moneen tehtävään.

Kansantaloudellisista vaikutuksista puhuttaessa robotiikan suurin hyöty liittyy *työn tuottavuuden parantamiseen ja resurssien vapauttamiseen* muuhun. Arvioidaan hieman tarkemmin *robotisaation* vaikutusta kansantalouteen Valtioneuvoston *Robotisaation ja automatisaation vaikutukset Suomen kansantalouteen 2030-selvityksen* (Ventä ym., 2018) perusteella. Toimialojen kilpaillessa työvoimasta, *robotisaation* ei uskota vievän enemmän työpaikkoja kuin tuovan tilalle. Teollisuuden tuottavuuden kasvun ei uskota vaarantavan nykyisiä työpaikkoja, yritysten kilpailukyvyyn kasvaessa tuotannon määrä tulee kasvamaan, mikä tarkoittaa nykyisten työpaikkojen säilymistä. Kilpailukyvyyn kasvaessa todennäköisesti työvoiman kokonaistarve tulee kasvamaan. (Ventä ym., 2018)

Vähittäis- ja tukkukaupassa sen sijaan *henkilöstön vähennystä uskotaan tulevan noin 20 % verran*, luku saattaa olla suurempikin. Logistiikassa kokonaishenkilömäärä kasvaa. Kiinteistö- ja rakennusalan suhteen ei merkittäviä automaatio- ja robotiikkasovellutuksia ei uskota olevan tulossa lähivuosien aikana, joten *robotisaatiolla* ei uskota olevan vuoteen 2030 mennessä juurikaan vaikutusta alaan. Kokonaisuutena selvityksen perusteella voidaan sanoa, että automatisaation ja robotisaation ansiosta kokonaistyöllisyys todennäköisesti tulee *kasvamaan*. (Ventä ym., 2018)

Robottiautot

Robottiautolla eli itseohjautuvalla autolla tarkoitetaan tietokoneen tai tekoälyn ohjaamaa autoa, joka kykenee tekemään itsenäisiä ajamiseen liittyviä päätöksiä havainnoidulla ympäristöllään.

Robottiautot eivät ole 2000-luvulla syntynyt keksintö, vaikka niin voisi luulla. Jo *Leonardo Da Vincillä* oli suunnitelma itseohjautuvasta ajoneuvosta, joka olisi kulkenut kellojousien avulla ennalta määrättyä rataa muutaman kymmenen metrin matkan. Ennen robottiautoja esimerkiksi junat olivat jo käyttäneet itseohjautuvuutta – tämä toki, koska junat kulkevat kiskoilla. Sodankäytössä taas torpedot olivat tavallaan itseohjautuvia, kuten myös saksalaisen *Werner von Braunin* toisen maailman sodan aikana kehittämät *V2-raketit*, jotka lensivät gyroskoopin avulla ennalta määrättyyn kohteeseen.

Yhdysvaltain asevoimien tutkimusorganisaatio (DARPA) rahoitti useimpia yhdysvaltalaisia itseohjautuvia autoja koskevia tutkimuksia 1960-luvulta 2000-luvulle saakka. *DARPA* järjesti myös ensimmäisen pitkän matkan ajokilpailun robottiautoja varten vuonna 2004 (*DARPA Grand Challenge*). Yksikään auto ei päässyt tuota 240 kilometrin kilpailua maaliin saakka, mutta kun kilpailu uusittiin seuraavana vuonna, maaliin päässeitä olikin jo

viisi. Tämän jälkeen kilpailu onkin järjestetty vuosittain, vaihtelevissa ja aiempaa vaikeammassa ympäristöissä. (Russell, 2016)

Itseohjautuvat autot ovat siis lyhyessä ajassa kehittyneet kulkemaan aiempaa pitempiä matkoja. Robottiautot ovat alkaneet kiinnostamaan monia, tästä on hyvänä esimerkkinä *Google*, jonka itseohjautuvat autot ovat kulkeneet teillä vuodesta 2008 lähtien. (Markoff, 2010) Autoissa on toki myös ihminen kuljettajana mukana, vielä vuonna 2021 vain harvassa paikassa saa itseohjautuvat autot kulkea ilman ihmistä kuljettajana.

Googlen omistama *Waymo* on toinen mielenkiintoinen itseohjautuvan auton kehittäjä, joka teki vuonna 2020 sopimuksen *Volvon* kanssa teknologian tuomisesta *Volvon* autoihin. *Waymo* on onnistunut keräämään paljon rahoitusta *Googlen* ulkopuolisilta rahoittajilta, mutta kymmenet pienet autoa kohdanneet liikenneonnettomuudet kertovat siitä, että teknologia ei ehkä ole vielä tarpeeksi kypsää prototyyppiin siirtämiseksi yleisille teille ilman valvontaa. (Waymo, 2018; Hawkins, 2017)

Tätä kiinnostavammalta kuulostaa *Elon Muskin* omistaman autovalmistaja *Teslan* hanke itseohjautuvan auton tuomisesta markkinoille vuonna 2021. Jo nykyisellään *Teslan* autoissa on itseohjattavuuteen läheisesti liittyviä vakio-ominaisuuksia, kuten jarrun- ja kaasunkäytön, sekä ohjauksen automatisointia. Jatkossa nämä sekä vielä tällä hetkellä lisämaksulliset ominaisuudet, kuten automaattinen parkkeeraus, kaistanvaihto sekä stop merkin ja liikennevalojen tunnistus, olisivat myös vakiona jokaisessa *Teslan* mallissa. Vielä ei kuitenkaan *Teslankaan* osalta voida puhua itseohjautuvasta autosta. (Carmichael, 2016; Tesla, 2019)

Saamme odottaa vielä hetken ensimmäistä aitoa ja kaupallista robottiautoa. Tämän lisäksi tarvitsemme uudistetun lainsäädännön robottiautoja varten – sekä tulisi ratkaista kysymys siitä kenen on vastuu robottiauton aiheuttamista onnettomuuksista.

Robotiikka, ympäristö ja ilmastonmuutos

Ei ole epäilystäkään siitä, että *robotiikalla* ja *neljännellä teollisella vallankumouksella* on suuri vaikutus taloudelle. Robotiikan vaikutuksista yhteiskuntaan tiedämme jo melko paljon, mutta mitä vaikutuksia robotiikalla on energiankäyttöön, luonnonvarojen käyttöön ja ympäristöön?

Hyviä, huonoja ja arvaamattomia voisi arvioida. Robotiikan ja automaation voidaan sanoa vähentävän päästöjä, tai ainakin tarjoavan mahdollisuuden siihen. Esimerkiksi tehtaatt eivät tarvitse enää tuhansia työntekijöitä kokoonpanolinjoilleen, robottien käyttäjät voivat pian tehdä työnsä kokonaan kotoa käsin tarvitsematta lähteä autolla tehtaalle, joten työntekijöiden ei tarvitse enää asua kaupungeissa. Tämä on yksi esimerkki niistä muutoksista mitä robotiikka tuo. Toisaalta robotit kuluttavat sähköä, joten sähkökulutus tulee kasvamaan. Ja tarvitaanhan robottien valmistamiseenkin energiaa ja raaka-aineita.

Robotiikan sanotaan parantavan tuotannon ja resurssien käytön tehokkuutta, mutta tarkoittaako tehokkuuden parantuminen myös liikatuotantoa ja liikakulutusta? Täytyykö

länsimaiden tapaan myös kehitysmaiden markkinat halpatuotteista? Ilmastonmuutoksen ja ympäristön kannalta voidaan kuitenkin olla sitä mieltä, että roboteista on enemmän hyötyä kuin haittaa. Tutustutaan muutaman esimerkin avulla, miten robotteja voitaisiin hyödyntää ympäristön suojelussa. Todennäköisesti ympäristön suojeleminen on tärkeimpiä tehtäviä, joihin robotteja tulevaisuudessa käytetään.

Viime aikoina on alettu puhumaan *vihreistä roboteista*, jotka voivat toimia taistelussa ilmastonmuutosta vastaan. Robotit voivat mm. auttaa meitä automatisoimaan ja suorittamaan sellaisia ympäristöystävällisiä tehtäviä, joiden tekemiseen meillä ei ole aikaa tai resursseja. Hyvä esimerkki tällaisesta on metsäpalojen torjunta. Robotti voisi auttaa metsäpalojen nopeassa sammuttamisessa sekä palojen torjumisessa vaarantamatta palomiesten tai muiden ihmisten henkeä. Tällaisia robotteja voisi käyttää sellaisilla alueilla, jotka olisivat ihmisille liian vaarallisia tai joihin ihmisillä ei olisi pääsyä.

Robotteja voisi käyttää myös jätehuollossa ja jätteiden kierrättämisessä, tässä tehtävässä niistä olisi paljon hyötyä. Robottihan jaksaa jatkaa järjestelmällisesti tehtävässään väsymättä, tämä voisi virtaviivaistaa roskien keruuta ja kierrättämistä, sekä vähentää niihin tarvittavia resursseja. Tähän liittyvä prosessien automatisointi voi auttaa myös vähentämään näihin menettelyihin liittyviä hiilidioksidipäästöjä.

Merien ja muiden vesistöjen suojeleminen on yksi vihreän robotiikan soveltamisaloista. Vesistöjen suojelemaan tarkoitettu robotti voisi olla vähentämässä haitallisten öljyvuojojen vaikutuksia poistamalla öljyä ja muita haitallisia kemikaaleja. Robotti voisi kerätä myös meristä ja muista vesistöistä löytyviä muoveja. Erilaisia muovinpaloja ja mikromuoveja löydetään nykyään kaikkialta.

Robotiikka voisi auttaa myös tekemään maataloudesta entistä ympäristöystävällisemmän. Robotti voisi analysoida maaperää ja saamiensa tietojen perusteella suositella optimaaliset lannoitteiden määrät paremman tuottavuuden saavuttamiseksi. Myös monet maatalouden muista tehtävistä ovat automatisoitavissa, kuten istutus, kylvö ja kastelu, sekä sadonkorjuu. Robotiikan avulla optimaalinen aika sadonkorjuuta varten olisi helppo määrittää. Robotteja voisi hyödyntää myös karjankasvatuksessa.

Yksin robotit eivät voi luoda vihreämpää tulevaisuutta, mutta niistä voisi olla paljon apua pyrkimyksissä sitä kohden. Koska robotiikan kaikkia vaikutuksia ympäristölle ei tunneta, on tärkeää alkaa tekemään tutkimusta siitä. Uusien teknologioiden käyttöönottoon sisältyy aina taloudellisten ja tuotannollisten tekijöiden lisäksi myös sellaisia ympäristö- ja sosiaalisia tekijöitä, joita emme osaa ottaa huomioon. Kestävän kehityksen näkökulmasta meidän kuitenkin pitäisi osata ennakoita myös tätä puolta *robotisaatiosta*.

Robotiikan tulevaisuus

Robotiikka on hyvin nopeasti kehittyvä ala ja sen ennustaminen on vaikeaa. Vielä vuonna 2000 robotiikka tarkoitti lähinnä teollisuuden tarpeisiin suunniteltuja robotteja, mutta tilanne muuttui nopeasti 2010-luvulla alkaneen palvelurobotiikan ja ohjelmistirobotiikan esiinmarssin myötä.

Todennäköisesti suurin ja odotetuin robotiikan kehitys liittyy *tekoälyn kehittymiseen*. Jos tulevaisuudessa robotiikassa voidaan hyödyntää ihmisälyä vastaavaa *vahvaa tekoälyä*, voidaanko robotteja pitää enää vain "pakkotyötä" tekevinä koneina? Tämä voi kuulostaa *science fictionilta*, mutta kysymys on tosi: onko älykäs ja tietoisuuden omaava robotti enää vain kasa peltiä, johdonpätkiä, piirilevyjä ja pätkä koodia vai *jotain enemmän*?

Tulevaisuudessa tulemme näkemään entistä enemmän ihmistä muistuttavia ja sosiaali- seen vuorovaikutukseen kykeneviä *humanoidirobotteja*, tämä ennustus on helppo tehdä. On kuitenkin mahdollista, että tulevaisuudessa robottien ei tarvitse muistuttaa ihmistä, jotta ihmiset hyväksyisivät ne keskuuteensa ja esimerkiksi työkavereikseen. Robottien arkipäiväistymisen myötä saatamme haluta robottien olevan enemmän yksilö- lisiä, omanlaisiaan myös ulkoisesti. Osalle meistä ihmisistä saattaisi olla helpompi hyväk- syä muodoltaan ei-ihmismäiset robotit, joten tämä on varteenotettava kehityssuunta.

Tietokoneiden tavoin robotit yleistyvät vähitellen kaikille elämänaloille ja uskon ihmis- ten hyväksyvän tilanteen, *vähitellen*. Robotit ovat jo keskuudessamme ja pian emme osaa enää kuvitellakaan aikaa, jolloin elimme ilman niitä. Aivan kuten kävi tietokoneiden kanssa.

Lähteet

- Andersson, C., Haavisto, I., Kangasniemi, M., Kauhanen, A., Tikka, T., Tähtinen, L. & Tör- mänen, A. 2016. Robotit töihin. Eva-raportti 2/2016. Helsinki: Nextprint Oy. Saa- tavilla: 22.1.2021 <http://www.eva.fi/wp-content/uploads/2016/09/Robotit-t%C3%B6ihin.pdf>
- Asimov, I. 1941. Liar. Astounding Science Fiction. 5/1941.
- Asimov, I. 1950. Runaround. I, Robot.
- Asimov, I. 1985. Robots and Empire.
- Capek, K. 1920. R.U.R. (Rossum's Universal Robots) Kolektivní drama o vstupní komedii a třech dějstvích.
- Carmichael, J. 2016. When Will Elon Musk Announce Autopilot 2.0 and the Model 2 HUD? Inverse. 24.8.2016. Saatavilla: 24.1.2021 <https://www.inverse.com/article/20128-elon-musk-tesla-motors-autopilot-2-0-model-3-hud-announcement>
- Coxworth, B. 2013. Singapore to try out driverless shuttle on public roads. New Atlas. 16.8.2013. Saatavilla: 24.1.2021 <https://newatlas.com/singapore-navia-driver-less-shuttle/28742/>
- Hawkins, A. 2017. Waymo is first to put fully self-driving cars on US roads without a safety driver. Theverge.com. 7.11.2017. Saatavilla: 24.1.2021 <https://www.theverge.com/2017/11/7/16615290/waymo-self-driving-safety-driver-chandler-autonomous>
- Hunt, H. A. & Hunt, T. L. 1983. The Robots are Coming. Human Resource Implications of Robotics. Upjohn Institute for Employment Research. <https://doi.org/10.17848/9780880995696>
- IFR International Federation of Robotics. Industrial Robots 2016a, 25-34. Saatavilla: 22.1.2021 https://ifr.org/img/office/Industrial_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf
- IFR International Federation of Robotics. Service Robots 2016b, 9-12. Saatavilla: 22.1.2021 https://ifr.org/img/office/Service_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf

- ISO International Organization for Standardization. 2012. ISO 8373:2012 Robots and robotic devices. Saatavilla: 22.1.2021 <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>
- Linturi, R. & Kuusi, O. 2018. Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018–2037: yhteiskunnan toimintamallit uudistava radikaali teknologia. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 1/2018.
- Malone, B. 2011. George Devol: A Life Devoted to Invention, and Robots. IEEE Spectrum. Haettu: 23.1. <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/george-devol-a-life-devoted-to-invention-and-robots>
- Markoff, J. 2010. Google Card Drive Themselves, in Traffic. The New York Times. 9.10.2010. Saatavilla: 24.1.2021 <https://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html>
- Menzel, P. & D’Aluisio, F. 2000. Robo sapiens: evolution of a new species. MIT Press.
- Merriam-Webster. 2021. Definition of Robot. Dictionary. Saatavilla: 22.1.2021 <https://www.merriam-webster.com/dictionary/robot>
- Munson, G. 2010. The Rise and Fall of Unimation inc. A story of robotics innovation & triumph that changed the world. Robot Magazine, 2.12.2010. Saatavilla: 23.1.2021 <http://www.botmag.com/the-rise-and-fall-of-unimation-inc-story-of-robotics-innovation-triumph-that-changed-the-world/>
- Nof, Shimon. 1999. Handbook of Industrial Robotics. 2. painos. John Wiley & Sons, s. 3-5.
- Philamore, H., Rossiter, J., Stinchcombe, A. & Ieropoulos, I. 2015. Row-bot: An energetically autonomous artificial water boatman. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). DOI: [10.1109/IROS.2015.7353924](https://doi.org/10.1109/IROS.2015.7353924)
- Russell, S. 2006. DARPA Grand Challenge Winner: Stanley the Robot! Popular Mechanics. 9.1.2006. Saatavilla: 23.1.2021 <https://www.popularmechanics.com/technology/robots/a393/2169012/>
- Tesla. 2019. Autopilot and Full Self-Driving Capability. Saatavilla: 24.1.2021 <https://www.tesla.com/support/autopilot>
- Ventä, O., Honkatukia, J., Häkkinen, K., Kettunen, O., Niemelä, M., Airaksinen, M. & Vainio, T. 2018. Robotisaation ja automatisaation vaikutukset Suomen kansantalouteen 2030. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. Saatavilla: 22.1.2021 http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161102/47-2018-RO-BOFINN_raportti.pdf
- Waymo. 2018. On the Road – Waymo. 23.3.2018. Saatavilla: 24.1.2021 <https://web.archive.org/web/20180323062918/https://waymo.com/ontheroad/>
- Zunt, D. 2017. Who did actually invent the word “robot” and what does it mean? Karel Capekin verkkosivu. Saatavilla: 23.1.2021 <https://web.archive.org/web/20130123023343/http://capek.misto.cz/english/robot.html>

5.6 Digitaalisen toimintaympäristön kyberturvallisuus

5.6.1 Johdanto

Sana kyber tulee kreikan sanasta kybereo (kreik. κυβερειω) - ohjata, opastaa, hallita. Amerikkalainen matemaatikko Norbert Wiener (1894–1964) otti käyttöön sanan kybernetiikka 1940-luvun lopulla kuvaamaan tietokoneita käyttäviä ohjausjärjestelmiä. Hänen mukaansa kybernetiikka kuvasi tieteitä, jotka käsittelevät koneiden ja organismien kontrollointia kommunikaation ja palautteen avulla. Kybernetiikan paradigman mukaan informaation välittämistä, manipulointia käytetään biologisten, fyysisten ja kemiallisten systeemien kontrollointiin. Kybernetiikka koskee vain konemaisia järjestelmiä, joissa systeemin toiminta ja lopputulos ovat matemaattisesti mallinnettavissa, määrättävissä tai ainakin ennakoitavissa. Kyberneettinen systeemi on suljettu järjestelmä, joka ei vaihda energiaa tai ainetta ympäristönsä kanssa. (Stähle, 2004)

Norbert Wiener vieraili keväällä 1947 matematiikan konferenssissa Nancy:ssä Ranskassa, jonka jälkeen vieraili kolmen viikon ajan Englannissa mm. Manchesterin yliopistossa ja National Physical Laboratory:ssä, Teddingtonissa. Siellä hänellä oli mahdollisuus tutustua huippunopeisiin tietokoneisiin ja keskustella kybernetiikan perusteista Dr. Alan Turingin kanssa. Kun Wiener käsitteli alun perin kybernetiikkaa systeemiajattelun pohjalta (engl. systems engineering), niin Alan Turingin ja professori John von Neumannin kybernetiikka käsitteli tietojenkäsittelytieteitä, tekoälyä ja robotiikkaa. (Wiener, 1961; Umpleby, 2008)

Norbert Wiener laajensi vuoden 1961 teoksestaan ja otti mukaan epälineaariset ongelmat ja satunnaisuuden pyrkiä niitä analysoimaan matemaattisesti. Lisäksi hän analysoi tietokoneen kykyä oppia analyttisesti kokemastaan luomalla teoriaa koneoppimisesta (engl. Learning and Self-reproducing). (Wiener, 2008)

Eri kyberkäsitteiden määrittelyä vaikeuttaa niiden epäyhtenäinen käyttö. Kyber-sanaa käytetään yleensä yhdyssanan määriteosana. Sanan merkityssisältö liittyy yleensä digitaalisessa muodossa olevan informaation käsittelyyn: tietotekniikkaan, digitaaliseen viestintään (tietoverkkoihin), tietojärjestelmiin tai tietokonejärjestelmiin. Yleensä vasta koko yhdyssanalla (määriteosan ja perusosan yhdistelmällä) voidaan ajatella olevan oma merkityksensä. (Sanastokeskus, 2018)

Sanan kyberavaruus (engl. cyber space) otti käyttöön yhdysvaltalainen tieteiskirjailija William Gibson (1948-) vuonna 1984 ilmestyneessä kirjassaan *Neuromancer* (Gibson, 1984). Tieteiskirjallisuudessa ja -elokuviissa gibsonilainen kyberavaruus - tai "matriisi" - esitetään globaalina informaation tietokoneverkko, jossa data on koodattu kolmiulotteiseen, moniväriseen muotoon. Käyttäjä kytkeytyy kyberavaruuteen tietokonepäätteen kautta, jonka jälkeen hän voi "lentää" itseään edustavassa kyberruumiissa halki kyberavaruuden tai tutkia tiettyjä alueita kaupungissa menemällä dataa esittävien rakennusten sisään.

Kyberavaruus on tavallisin virtuaaliympäristöistä käytetty nimitys teknologisen tutkimuksen ulkopuolella. Gibsonilaisella kyberavaruudella tarkoitetaan tavallisesti kolmiulotteisena näyttäytyvää tietoverkkoa, johon käyttäjä voi kytkeytyä puhelin- tai kaapeli-verkkoa pitkin ja liikkua siellä virtuaalisesti. Kyberavaruus olisi toisin sanoen internetin ja virtuaalitodellisuuden yhteen sulautuma - monen käyttäjän virtuaaliympäristö. Tekesraportin määritelmän mukaan kyberavaruus on "tieteisromaanityyppinen nimitys synteettiselle todentuntuiselle usean käyttäjän yhteiselle tilalle, jossa tietokonedataa esitetään jokaiselle ja useille aisteille".

Kyberavaruus on siis eräs virtuaalitodellisuuden osa-alue, joka on kokonaan keinotekoinen tietokoneen generoima. Kyberavaruuden termiä käytetään kirjallisuudessa kuitenkin myös tästä poiketen virtuaalitodellisuuden yläkäsitteenä. Featherstonen ja Burrowsin poikkeuksellisen määritelmän mukaan kyberavaruus on yleiskäsite, jonka variantteja ovat "barlovilainen" kyberavaruus eli kansainvälinen tietokoneverkko, virtuaalitodellisuus eli tietokoneen generoima näkö-, kuulo- ja tuntoaistimukseen perustuva multimediaesitys sekä gibsonilainen tieteiskirjallisuuden kyberavaruus. (Featherstone, Burrows, 1995) Myös Michael Heim käyttää virtuaalitodellisuuden sijasta mieluummin yleiskäsitettä kyberavaruus, joka voi sisältää monia virtuaalimaailmoja. (Heim, 1993)

Yhdysvaltain puolustusministeriö määrittelee kyberavaruuden ”globaaliksi, informaatioympäristön sisäiseksi alueeksi, joka koostuu keskinäisriippuvaisista informaatioteknologiainfrastruktuureista ja niissä sijaitsevasta datasta, mukaan lukien internet, telekommunikaatioverkot, tietokonejärjestelmät, sekä näihin sisältyvät prosessorit ja hallintalaitteet.” (Congressional Research Service, 2020)

Kuehl määrittelee kyberavaruuden ”globaaliksi, informaatioympäristöön kuuluvaksi alueeksi, jonka erityistä ja ainutlaatuista luonnetta kehystää elektroniikan ja elektromagneettisen spektrin käyttö informaation luomiseen, varastointiin, muokkaamiseen vaihtamiseen ja hyödyntämiseen toisistaan riippuvaisten ja keskenään kytkettyjen verkkojen kautta käyttäen informaatiokommunikaatioteknologioita”. (Kuehl, 2009)

Kybertoimintaympäristö (engl. cyber environment) on yhdestä tai useammasta digitaalisesta tietojärjestelmästä muodostuva toimintaympäristö. Kybertoimintaympäristölle on tunnusomaista elektroniikan ja sähkömagneettisen spektrin käyttö datan ja informaation varastointiin, muokkaamiseen ja siirtoon viestintäverkkojen avulla. Ympäristöön kuuluvat myös datan ja informaation käsittelyyn liittyvät fyysiset rakenteet. Esimerkkejä kybertoimintaympäristöistä ovat tietojärjestelmiin perustuvat ydinvoimalan ohjausjärjestelmä, elintarvikkeiden kuljetus- ja logistiikkajärjestelmä, liikenteen ohjausjärjestelmät sekä pankki- ja maksujärjestelmät. (Sanastokeskus, 2018)

Kyberdomain (engl. cyber domain) viittaa yleensä sotilaalliseen kybertoimintaympäristöön (Joint Publication 1-02, 2010). Usein kyberdomain esitetään vastaavana toimintaympäristönä kuin maa, meri, ilma ja avaruus.

Kybermaailma, -avaruus, -domain, -ekosysteemi, -toimintaympäristö ja -kulttuuri voidaan määritellä seuraavalla tavalla:

- Kybermaailma: inhimillisen postmodernin olemassaolon oleminen maapallolla,
- Kyberavaruus: bittien muodostama dynaaminen ja verkottunut artefaktinen tila,
- Kyberdomain: määritellyillä rajoilla varustettu ja jonkun hallinnassa oleva toiminta-alue,
- Kyberekosysteemi: kybersysteemien, -toimijoiden ja -toimintaympäristön muodostama kokonaisuus,
- Kybertoimintaympäristö: ihmisten, organisaatioiden ja fyysisten systeemien muodostama vaikutusympäristö,
- Kyberkulttuuri: yhteisön tai koko ihmiskunnan henkisten ja aineellisten kybermaailman saavutusten kokonaisuus.

5.6.2 Kybermaailman rakenne

Kybermaailma muodostuu erilaisista digitaalisessa muodossa olevan informaation käsittelyyn tarkoitetuista tietoverkoista ja -laitteista, tietojärjestelmistä sekä niiden käyttäjistä, käyttöympäristöistä ja toimintaprosesseista.

Yhdysvaltalainen Prof. **Martin C. Libicki** on luonut kybermaailmaan rakenteen, jonka idea perustuu OSI-malliin (engl. Open Systems Interconnection Reference Model). OSI-malli kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa. Kukin kerroksesta käyttää yhtä alemman kerroksen palveluja ja tarjoaa palveluja yhtä kerrosta ylempäs. (Libicki, 2007) Soveltaen Libickin kybermaailman mallia nelikerroksista on mallinnettu viisikerroksinen hierarkkinen verkostomalli, jossa kerroksina ovat fyysinen, syntaktinen, semanttinen, palvelut ja kognitiivinen.

1. **Fyysiseen kerrokseen** kuuluvat tiedonsiirtoverkon fyysiset osat, kuten verkkolaitteet, kytkimet, reitittimet sekä kiinteät että langattomat yhteydet.
2. **Syntaktinen kerros** muodostuu erilaisista järjestelmien ohjaus- ja hallintaohjelmista, liityntäteknologioista sekä toiminnoista, joilla verkkoon kytketyt laitteet ovat vuorovaikutuksessa keskenään, kuten verkkoprotokollat, virheenkorjaus, kättely jne.
3. **Semanttiseen kerrokseen** kuuluu käyttäjien ja operaattoreiden järjestelmissä oleva informaatio ja tietosisällöt sekä erilaiset käyttäjän hallinnassa olevien toimintojen ohjaus.
4. **Palvelukerros sisältää** erilaiset yksityiset ja julkiset sähköiset palvelukokonaisuudet.
5. **Kognitiivinen kerros** kuvaa päätöksentekijän ja yksittäisen toimijan informaation ongelmanratkaisu- ja tulkintaympäristöä, maailmaa, jossa informaatiota tulkitaan ja muodostetaan henkilökohtainen tilannetietoisuus.

Kuvassa 36 on esitetty Libickin mallista kehitetty kybermaailman viisikerroksinen malli.



Kuva 36 Kybermaailman viisi kerrosta.

Kybertoimintaympäristön hierarkkista rakennemallia voidaan havainnollistaa käytännönläheisellä esimerkillä, jossa ihmisen identiteettiin kohdistuvat eri tekijät jakaantuvat rakennemallin kerroksille (Sartonen ym., 2016). Esimerkki perustuu tosiseikkaan, jonka mukaan tämän päivän digitaalinen maailma on luonut ihmiselle erilaisia digitaalisia ja virtuaalisia identiteettejä. Digitaalinen maailma voidaan tällöin jakaa edellä kuvattuun viiteen kerrokseen, jotka ovat fyysinen-, syntaktinen-, semanttinen-, palvelu- ja kognitiivinen kerros. Näissä eri kerroksissa ihmisen digitaalinen identiteetti ilmenee eri tavoin. Fyysisessä kerroksessa ovat ihmisen digitaaliset päätelaitteet, kuten älypuhelin tai tietokone. Syntaktisessa kerroksessa käyttäjä ilmenee IP-osoitteina, sähköpostiosoitteina, käyttäjätunnuksina ja useina virtuaali-identiteetteinä, joiden perusteella ihminen voidaan liittää tiettyyn fyysiseen laitteeseen tai käyttämäänsä palveluun. Semanttisessa kerroksessa sijaitsee meidän henkilökohtainen datamme ja informaatiomme, jotka voivat olla digitaalisia kuva-, teksti- ja äänitiedostoja. Palvelukerroksessa olemme jäseninä erilaisissa sosiaalisen median palveluiden verkostoissa, kuten Facebook- tai Twitter-ryhmissä, ystäväryhmissä, blogiverkostoissa jne. Virtuaalisen identiteettimme avulla voimme muodostaa erilaisia verkostoja, joissa toimimme kuhunkin verkostoon valitsemallamme identiteetillä. Kognitiivisessa kerroksessa ilmennymme inhimillisinä olentoina, joihin voidaan vaikuttaa kognitiivisin ja psykologisin menetelmin. Kognitiivisella tasolla ihmisellä on tietämiseen ja ymmärtämiseen liittyvää ajattelua, johon liittyvät sekä emootiot että rationaalisuus sekä kyky tehdä havaintoja ja päätöksiä.

Nämä digitaalisen maailman kerrokset muodostavat kokonaisuuden, jossa jokaisessa kerroksessa vaikuttavat omat sääntönsä ja lainalaisuutensa. Noustessa fyysisestä ker-

roksesta ylöspäin abstraktiotaso kasvaa ja ilmentymät laajentuvat. Näihin identiteetteihin liittyy yksityisyys, joka tarkoittaa luonnollisen henkilön oikeutta suojautua ulkopuoliselta puuttumiselta. Se tarkoittaa erityisesti kyberturvallisuuteen liittyvien riskien tunnistamista rakenteessa kerroksittain, jolloin lopputuloksena on järjestelmätasoinen tarkastelu. Viisikerroksista rakennemallia voidaan siten pitää järjestelmätason kuvauksena ja siten systeemikäsitteen viitekehystenä organisaation digitaalisia rakenteita tarkastellessa.

5.6.3 Digitaalinen kybermaailma houkuttelee rikollisia

Digitalisaatiosta on tullut yhä tärkeämpi osa yritysten ja ihmisten toimintaa. Digitaalisuus on tänä päivänä myös yhä syvemmällä ihmisten ja yritysten arjessa; digitaaliset palvelut helpottavat yritysten ja ihmisten arkea ja elämää. Digitaalisuuteen pohjautuvia innovaatiomahdollisuuksia syntyy yhä enemmän. Näköön, kuuloon ja kosketukseen perustuvat teknologiat luovat uusia mahdollisuuksia ja tapoja käsittää maailma ja olla yhteyksissä maailman kanssa aivan uudella tavalla. Tavarosta ja palveluista tulee älykkäämpiä ja ne liittyvät toisiinsa sekä ihmisiin aivan uusilla tavoilla. Myös yritykset voivat luoda syvempiä reaaliaikaisia suhteita kumppaneihin, asiakkaisiin, palvelun- ja tavaran-toimittajiin sekä julkishallintoon. Samaan aikaan digitalisaation seurauksena syntyy yhä uudenlaisia uhkia. Digitaalinen kybermaailma houkuttelee rikollisia, jotka etsivät uusia mahdollisuuksia varastaa, hyödyntää ja myydä tietoa. Tiedon ja informaation siirtyminen verkkoon on tuonut sinne myös tiedusteluorganisaatiot. Terroristeille kybermaailma on yhteydenpidon, viestinnän ja vaikuttamisen toimintaympäristö, minkä lisäksi se on heille houkutteleva hyökkäyskohde. Asevoimien digitalisaatio on luonut sotilaallisen kybermaailman, jossa vaikuttavat verkottuneiden sotilaiden lisäksi älykkäät ja yhä itenäisemmät asejärjestelmät. (Lehto, Linnéll, 2017)

Modernin yhteiskunnan toiminta perustuu kansallisen kriittisten infrastruktuurin useiden eri osien yhteistoimintaan. Niiden keskinäinen toimintakyky riippuu yhä enemmän kyberturvallisista ja korkean käyttövarmuuden omaavista sähköjärjestelmistä ja tiedon-siirtoverkostoista sekä muista luotettavista ja tietosisällöltään eheistä hallinnon ja kansalaisten palveluista. Teknologinen kehitys on johtanut tuotannon, palvelujen ja koko yhteiskunnan digitalisoitumiseen, verkostoitumiseen ja keskinäisten riippuvuuksien kasvuun. Kyse on myös kansalaisten luottamuksen ylläpitämisestä yhteiskunnan toimintaan. Kyberhyökkäykset, haittaohjelmat, palvelunestohyökkäykset ja erilaiset informaatiovaikuttamisen muodot lisääntyvät jatkuvasti. Tämän kehityksen vuoksi on lisättävä edelleen varautumista kyberuhkiin ja -häiriötilanteisiin, jotka vaarantavat yhteiskunnalle välttämättömien tietoteknisten järjestelmien ja rakenteiden toimivuutta jo normaalioloissa. Suomalaisen yhteiskunnan ja yritysten riippuvuus kybertoimintaympäristöstä kasvaa entisestään tulevinä vuosina.

Kybermaailmassa muutosajureita on useita, niistä keskeisin on aika. Kyberhyökkäyksen valmistelu on mahdollista toteuttaa salassa ja pitkän ajan kuluessa, mutta itse hyökkäys voidaan toteuttaa erittäin lyhyessä ajassa. Tammikuussa 2003 verkkomato Slammer levisi noin 10 minuutissa hyökkäyksen aloittamisesta arviolta 90 prosenttiin suunnitelluista kohteista (internettiä ohjaavat palvelimet). Slammer aiheutti internetin toiminnan

maailmanlaajuisen hidastumisen. Arvioiden mukaan Slammer-verkkomadon kustannukset nousivat 750 miljoonaan euroon.

Lähes 15 vuotta myöhemmin toukokuussa 2017 levisi internetin kautta WannaCry kiristys-haittaohjelma, joka saastutti yli 200 000 konetta yli 150 maassa muutamassa vuorokaudessa. Arvioiden mukaan hyökkäyksen taloudelliset menetykset voivat nousta 4 miljardiin dollariin.

Tietoverkkoihin ja -järjestelmiin kohdistuu yhä enemmän kohdistettuja hyökkäyksiä, tietoturvaloukkauksia sekä haittaohjelmatartuntoja. Vuosien 2012–2020 aikana vuoden aikana havaittujen haittaohjelmien määrä on kasvanut 100 miljoonasta yli 1,1 miljardiin. Verkosta löydetään noin 400 000 uutta haittaohjelmaa joka päivä ja noin 2,5 miljoonaa vanhojen haittaohjelmien variantteja. Hyökkäyksiä kohdistetaan kansallisiin salassa pidettäviin tietoihin, aineettomiin pääomiin, henkilötietoihin ja kriittisen infrastruktuurin toimintoihin. Tiedusteluorganisaatiot pyrkivät keräämään heitä kiinnostavaa tietoa poliittisen, taloudellisen tai sotilaallisen edun saavuttamiseksi.

Nykyään taloudellisiin hyötyihin tähtäävien kyberrikollisten ja kehittyneiden valtion sponsorioimien hyökkääjien toiminta ja kyvykkyystaso eivät ole vain hämärtyneet - niitä ei enää ole olemassa. Kyberhyökkäystekniikat ja -työkalut ovat laajasti levinneet eri motivaatioilla toimivien kyberhyökkääjien käyttöön. On tapahtunut konvergenssi, jossa toimijoiden nimeäminen (attribuutio-ongelma) ja heidän motivaationsa paljastaminen yhä vaikeampaa.

Kybertoimintaympäristön ominaisuuksiin kuuluu kehityksen suuri nopeus, tapahtumien hektisyys ja eri järjestelmien kompleksisuus. Informaatioteknologian kehityssykli on lyhyt ja sama trendi koskee eri kyberhyökkäysmuotoja ja haittaohjelmia. Kybertoimintaympäristölle on leimallista muutosnopeus, mikä edellyttää kaikelta toiminnalta nopeaa reagointikykyä – ketteryyttä, sekä varautumista myös tilanteisiin, joita ei täysin kyetä ennakoimaan.

Tulevaisuuden digitaaliset palvelut perustuvat ihmisten, innovatiivisten toimijoiden ja älykkäiden koneiden ekosysteemiin. Kehittyvässä digitaalisessa yhteiskunnassa mahdollisuuksien tila laajenee. Tilaa laajentavat kyberfyysiset toisiinsa kytkeytyneet järjestelmät, vuorovaikutteisuus, itse tuottaminen ja jakaminen, sekä koneiden älykkyyden ja kyvykkyuden kasvu. Digitaalitalouden kehitystä edistävät kansalaisten identiteetin ja tietokäytäntöjen siirtyminen verkkoon sekä organisaatioiden palvelurakenteiden digitalisaatio yhdistettynä luottamukseen systeemin turvallisuudesta. Näin muodostuu digitaalinen alustatalous, jossa elementteinä ovat teollinen internet, erilaiset sosiaalisen median ja viestinnän alustat sekä hajautetut ja yhteisölliset palvelut. Kansalaisten elämä pyöriikin yhä enemmän ja enemmän interaktiivisten älypuhelimien, -tietokoneiden, -sovellusten, -autojen ja -kotien ympärillä. Samalla se tarkoittaa sitä, että myös rikollisuus aina omaisuusvarkauksista verkkovakoiluun siirtyy kyberaikaan. (Lehto, Limnell, 2017)

5.6.4 Kyberuhat kasvavat ja monimutkaistuvat

Kyberuhkan ilmentymä

Kyberuhka on mahdollisesti toteutuva haitallinen tapahtuma tai kehityskulku, joka kohdistuu kybertoimintaympäristöön ja toteutuessaan vaarantaa siitä riippuvaisen toiminnon. Kyberuhkat voivat aiheutua paitsi toteutuneista tietoturvauhkista myös digitaalisessa viestintäympäristössä toteutettavista, yhteiskunnan turvallisuutta vaarantavista teoista. Kyberuhkat voivat kohdistua yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja, kansallista kriittistä infrastruktuuria tai kansalaisia vastaan joko suoraan tai välillisesti. Ne voivat olla peräisin maan rajojen sisältä tai niiden ulkopuolelta. Esimerkkejä kybertoimintaympäristöistä riippuvaisista toiminnoista ovat ydinvoimalan ohjaus, elintarvikkeiden kuljetus ja logistiikka sekä liikenteen ohjaus. (Sanastokeskus, 2018)

Raporttien mukaan kyberuhkien merkittävimmät trendit olivat kiristyshaittaohjelmien kasvu, haavoittuvuuksien hyödyntäminen tietojärjestelmissä, fyysisiin laitteisiin kohdistuvat uhkat, yrityksen sisäpiiri hyökkäyskanavana, liiketoiminnan lamauttamiseen tähtäävät hyökkäykset sekä henkilötietojen varastamiseen tähtäävät hyökkäykset.

Tiedustelun siirtyminen verkkoon on tapahtunut samassa tahdissa yhteiskuntien digitalisaation kanssa. Kehittyneimmille vakoiluohjelmille on ollut tyypillistä, että ne on havaittu vasta vuosia operaation alkamisesta. Keskeistä kybertiedustelun kehitykselle on ollut haittaohjelmien monimutkaisuuden ja kyvykkyyden kasvu samalla kun niiden havaitseminen on käynyt yhä vaikeammaksi.

Kyberrikollisuus on monipuolistunut ja se ilmenee yhä laajemmin digitaalisessa toimintaympäristössä. Kyberhyökkäyksillä rikolliset tavoittelevat ensisijaisesti taloudellista hyötyä. Tällaisia ovat mm. identiteettivarkaudet, maksuvälinepetokset, verkkohuijaukset ja -petokset eri muodoissaan jne.

Kyberrikollisuus on merkittävin uhka digitaalisessa kybermaailmassa. Yli 80 % hyökkäyksistä on edelleen taloudellisesti motivoituneita. Menetyksistä kyberrikollisuudelle esitetään erilaisia arvioita, mutta ne ovat vuosittain luokkaa 6 biljoonan (6000 miljardia) dollaria ja kasvuvauhti on 15 % vuodessa. Menetykset ovat paljon suurempia kuin vuosittaiset luonnononnettomuuksien aiheuttamat kustannukset. Menetykset kyberrikollisuudesta ovat noin 0,5–2,5 % BKT:stä.

Kyberuhkamalli motiivin perusteella

Kyberuhat voidaan jakaa kuusitasoiseen malliin, jossa luokittelu perustuu toimijoiden motiiveihin. Esitetty malli on laajennettu ja muokattu Dr. Myriam Dunn Cavelty'n (Head of the New Risk Research Unit at the Center for Security Studies, Zürich) esittämästä viisitasoisesta rakennemallista. (Dunn Cavelty, 2010; Ashenden, 2011)

Tason 1 muodostaa **kybervandalismi**, johon kuuluvat hakkerointi, haktivismi ja kyberparveilu. Ne saavat julkisuudessa paljon näkyvyyttä, mutta ovat yleensä vaikutuksiltaan suhteellisen lyhytaikaisia ja osin vaarattomia (pl. kyberparveilu, jossa internetin ja matkapuhelinten avulla kootaan ja johdetaan usein väkivaltaisia mielenosoituksia). Yksittäisen yrityksen tai yksilön tasolla toiminta saattaa aiheuttaa merkittäviäkin taloudellisia

vahinkoja. Erilaisten anonymous -hakkeriryhmien toiminta on ollut vaikutuksiltaan aikaisempaa tehokkaampaa.

Tason 2 muodostaa **kyberrikollisuus**. EU komissio määrittelee kyberrikollisuuden rikoksiksi, "jotka tehdään sähköisiä viestintäverkkoja ja tietojärjestelmiä hyödyntäen tai jotka kohdistuvat mainittuihin verkkoihin ja järjestelmiin". Tietoverkkorikollisuus voidaan komission mukaan jakaa kolmeen alaryhmään.

1. Perinteiset rikollisuuden muodot, jotka on tehty käyttäen hyväksi sähköisiä viestintäverkkoja ja tietojärjestelmiä. Tällaisia rikoksia voivat olla erilainen häirintä, uhkailu tai taloudellinen hyväksikäyttö.
2. Laittoman sisällön julkaiseminen sähköisissä viestimissä, kuten lapsen seksuaaliseen hyväksikäyttöön tai rasismiin liittyvän materiaalin levittäminen sähköisissä viestimissä.
3. Rikokset, joita esiintyy ainoastaan sähköisissä verkoissa, kuten hyökkäykset tietoverkkoa vastaan, palvelunesto tai hakkerointi.

Tason 3 muodostaa **kybervakoilu**. Kybervakoilu voidaan määritellä toimiksi, joilla hankitaan salaisia tietoja (sensitiivinen, yksityisoikeudellinen tai turvaluokiteltu) yksityisiltä ihmisiltä, kilpailijoilta, ryhmiltä, hallituksilta ja vastustajilta poliittisen, sotilaallisen tai taloudellisen edun saavuttamiseksi käyttäen laittomia menetelmiä internetissä, verkoissa, ohjelmistoissa tai tietokoneissa. (Liaropoulos, 2010)

Tason 4 muodostaa **kyberterrorismi**, jossa tietoverkkoja käytetään hyökkäyksiin kriittisiä informaatiojärjestelmiä kohtaan ja niiden kontrollointiin. Hyökkäysten tavoitteena on tuottaa vahinkoa ja levittää pelkoa ihmisten keskuuteen sekä painostaa poliittista johtoa taipumaan terroristien vaatimuksiin. (Beggs, 2006)

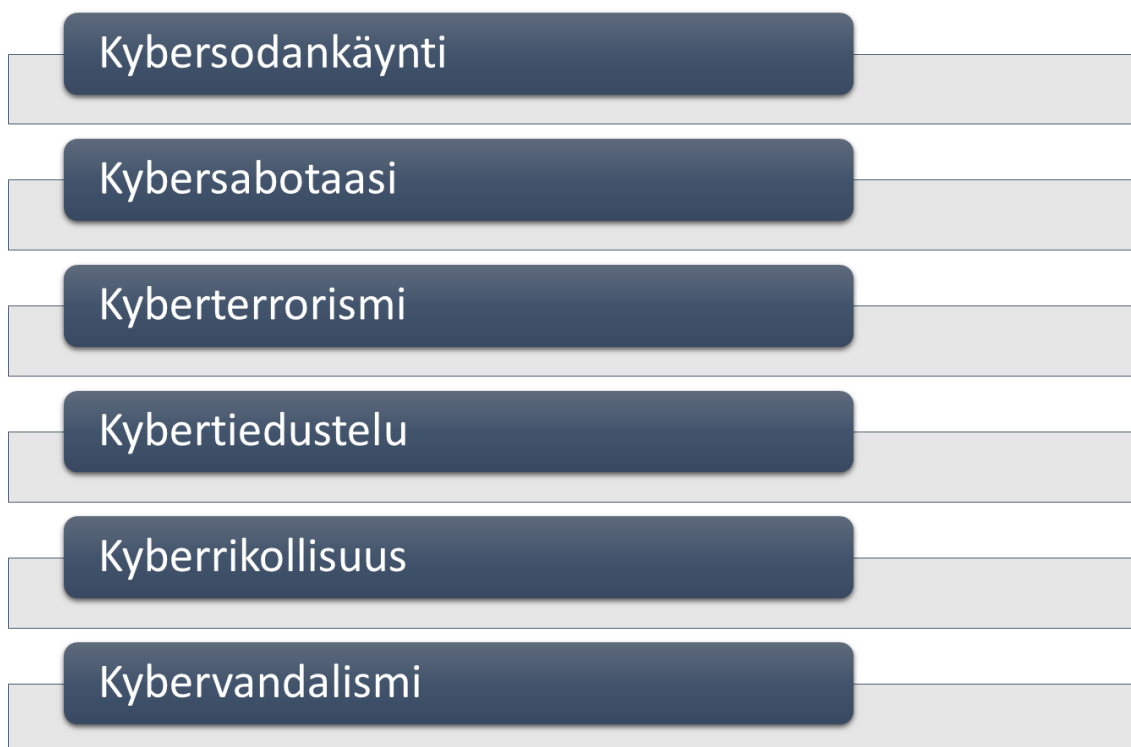
Tason 5 muodostaa **kybersabotaasi**. Se on toimintaa, jossa hyökkääjä (valtiollinen toimija tai sen tukema ryhmittymä) operoi sotaa alemmalla tasolla. Tavoitteina voivat olla epävakauden aiheuttaminen kohdemaassa, offensiivisten kyberhyökkäysoikeuksien testaaminen, hybridioperaatioiden valmistelu tai sodan valmistelu. Esimerkkinä on Stuxnet-operaatio. Kyberuhka SCADA-verkoissa nousi otsikoihin Stuxnet-verkkomadon myötä vuonna 2010. Verkkomato pääsi Iranin ydinpolttoainerikastamoon ja sen sentrifugien taajuushallintajärjestelmään. Hallintajärjestelmän kautta vaikutettiin sentrifugien toimintaan niin, että rikastusprosessi epäonnistui nostamalla sentrifugien nopeus niin suureksi, että rikastusprosessi epäonnistui. Samalla valvontajärjestelmälle näytettiin aiemmin nauhoitettuja normaaleja arvoja, jotta sabotaasia ei huomattaisi. (Zetter, 2014)

Tason 6 muodostaa **kybersodankäynti**, jolle käsitteelle ei ole yleisesti hyväksyttyä määritelmää ja sitä käytetään hyvinkin laajasti kuvamaan valtiollisten toimijoiden operaatioita kybermaailmassa. Meillä kybersodankäynti on tietoverkkoja ja niiden haavoittuvuuksia hyödyntävä, valtioiden välinen vihamielinen toiminta (Sanastokeskus, 2018). Varsinainen kybersodankäynti edellyttää valtioiden välistä sotatilaa, jossa kyberoperaatiot ovat osa muita sotilaallisia operaatioita. Esimerkkinä tällaisesta voidaan pitää Venäjän ja Georgian välistä sotaa elokuussa 2008. Useat georgialaiset ja eteläosetialaiset

verkkosivut joutuivat 8. elokuuta palvelunestohyökkäysten kohteiksi. Venäjän uutistoinniston RIA Novostin ja RussiaTodayn sivuille hyökättiin ja ne kaatuivat muutamaksi tunniksi 10. elokuuta.

Keväältä 2007 Viroon kohdistui verkkohyökkäysten sarja, jonka kohteina olivat kolmen viikon ajan mm. valtiojohto, poliisi, pankkilaitos, media ja yritysmaailma. Päätoimintamuotoina olivat palvelunestohyökkäykset, joiden kohteina olivat mm. web- serverit, e-mail- serverit, DNS- serverit ja reitittimet. Tätä hyökkäystä ei voida pitää varsinaisena kybersodankäyntinä vaan se oli enemmän ilmentymä kybersabotaasista.

Kuvassa 37 on esitetty kyberuhkien rakennemalli.



Kuva 37 Kyberuhkien rakennemalli.

5.6.5 Haavoittuvuudet altistavat kyberhyökkäyksille

Uhka-haavoittuvuus-riski

Haavoittuvuus (engl. vulnerability) voi olla mikä tahansa heikkous, joka mahdollistaa vahingon toteutumisen tai jota voidaan käyttää vahingon aiheuttamisessa. Haavoittuvuuksia voi olla tietojärjestelmissä, prosesseissa ja ihmisen toiminnassa. (Sanastokeskus, 2018)

Yleisesti haavoittuvuudet ovat ohjelmistoissa tai käyttöjärjestelmissä havaittuja tahattomia puutteita. Haavoittuvuudet voivat olla seurausta virheellisistä tietokone- tai tietoturvakonfiguraatioista ja ohjelmointivirheistä. Jos niitä ei korjata, haavoittuvuudet

luovat Järjestelmässä olevia heikkouksia, joita kyberrikolliset voivat hyödyntää. Haavoittuvuuksien testaaminen on ratkaisevaa järjestelmien jatkuvan turvallisuuden varmistamiseksi tunnistamalla heikkouksia ja kehittämällä nopeaa reagointi- ja paikkauskykyä.

Kyberturvallisuudessa uhka, haavoittuvuus ja riski muodostavat toisiinsa liittyvän kokonaisuuden. Lähtökohtana on jokin arvoa sisältävä fyysinen esine, tieto, osaaminen tai muu immateriaalinen oikeus (engl. asset), joka halutaan suojata ja turvata. Uhka (engl. threat) on jokin haitallinen kybermaailman tapahtuma, joka saattaa tapahtua. Uhan numeerinen arvo on todennäköisyys. (ENISA, 2012)

ICT-järjestelmien kompleksisuus tekee mahdottomaksi kokonaan eliminoida haavoittuvuuksia sekä havaita ja jäljittää tunkeutumisia systeemin sisälle. Verkottuminen lisää tehokkuutta ja suorituskykyä, mutta samalla se lisää kyberturvallisuutta vaarantavia haavoittuvuuksia.

Ohjelmistohaavoittuvuudet

Missä tahansa ohjelmistossa voi olla virheitä, jotka altistavat ohjelman ja tiedon tietoturvaloukkauksille. Ohjelmiston haavoittuvuus on virhe ohjelman koodaamisessa, konfiguroinnissa tai hallinnoinnissa. Ohjelma voi olla algoritmi, sovellus, käyttöjärjestelmä, selain yms. Tällöin puhutaan haavoittuvuuksista, jotka saattavat mahdollistaa haittaohjelmien levityksen, pääsyn käsiksi salassa pidettäviin tietoihin tai vaikka ohjelmiston toiminnan estämisen. Carnegie Mellon yliopiston CyLab Sustainable Computing Consortium on arvioinut, että ”kaupallisessa ohjelmistossa on 20–30 koodivirhettä jokaista 1000 koodiriviä kohden. Applied Visions, Inc. arvioi, että vuosittain koodataan 111 miljardia riviä uutta ohjelmistokoodia, joka sisältää miljardeja haavoittuvuuksia.

Ohjelmistohaavoittuvuus viittaa organisaation jonkin tärkeän resurssin tai tiedon (engl. asset) tunnettuun heikkouteen, jota yksi tai useampi hyökkääjä voi hyödyntää. Nollapäivä-haavoittuvuus (engl. zero-day) on ohjelmistojen turvallisuusongelma, jonka joku on löytänyt tai jonka ohjelmistotoimittaja tuntee, mutta jolle ei ole korjaustiedostoa vian korjaamiseksi. Nollapäivän hyväksikäyttö (engl. zero-day exploit) tarkoittaa nollapäivähaavoittuvuuden käyttämistä hyökkäykseen. Tietojärjestelmien haavoittuvuudet muuttuvat jatkuvasti päivitysten ansiosta. Kun haavoittuvuus löydetään, niihin julkaistaan paikkaus (engl. patch) yleensä suhteellisen nopeasti. Paikkausten ikä määritetään päivinä paikkausten julkaisusta. Nollapäivähaavoittuvuus on nimensä mukaisesti haavoittuvuus, jonka paikkaus on julkaistu nolla päivää sitten, eli ei vielä lainkaan. Vuonna 2006 julkaistun tutkimuksen mukaan paikkausaikojen keskiarvo oli 56,5 päivää ja mediaani 19 päivää. Suuri keskiarvo johtuu siitä, että joidenkin paikkausten julkistaminen vei vuosia. (Arora ym., 2006)

Yksittäinen nollapäivähaavoittuvuus ja sen hyväksikäyttö antavat hyökkääjälle mahdollisuuden ajaa omaa koodiaan hyökkäyksen kohteena olevassa koneessa. Hyökkääjä haluaa yleensä pääkäyttäjän oikeudet (engl. root access), mutta myös alemman tason oikeuksilla tai rajatummalla pääsillä voi suorittaa haluamansa työn. Nykyisin ohjelmistot rakennetaan modulaarisiksi ja kerrokselliseksi, joka vaikeuttaa hyökkääjän pääsyä koneelle. (Wang & Williams, 2017)

Pelkästään nollapäivähaavoittuvuuden tunteminen ei auta, vaan haavoittuvuudelle pitää rakentaa sitä hyväksikäyttävä hyökkäystapa (engl. exploit) ja sen jälkeen suunnitella varsinainen hyökkäys. Hyökkäyksessä saadaan tietyt oikeudet hyökättävälle koneelle ja pystytään ajamaan koneella omaa koodia. Nollapäivähaavoittuvuudet ja niitä hyväksikäyttävät hyökkäykset maksavat niin paljon, että niitä käyttävät yleensä vain valtiolliset toimijat. Vuosina 2012–2015 FireEye löysi 26 valtiolliseksi epäiltyä nollapäivähaavoittuvuuksia hyväksikäyttävää hyökkäystä ja vuosina 2016–2019 30 hyökkäystä. (Metrick ym., 2020)

Hakkerit käyttävät haavoittuvuuksia ohjelmistohyökkäyksissä pakottaakseen järjestelmät antamaan heille pääsyn luvattomaan dataan, haitallisen koodin suorittamiseen, etähallinnan hankkimiseen tai saamaan järjestelmä levittämään tartuntaa.

Ohjelmistohaavoittuvuuden hyväksikäyttö voi olla osa varsinaista haittaohjelman levittämistä- tai aktivoitumismekanismeja. Lisäksi alemman tason oikeuksilla aktivoitunut haittaohjelma voi hyväksikäyttää paikallista ohjelmistohaavoittuvuutta korkeamman tason oikeuksien saamiseen. Tyypillisiä sähköpostin kautta leviävien haittaohjelmien hyväksikäyttämää haavoittuvuuksia ovat sellaiset sähköpostiohjelmistojen tai selainten haavoittuvuudet, jotka mahdollistavat haittaohjelman aktivoitumisen ilman liitetiedoston avaamista. Lisäksi sähköpostin liitetiedostoina leviävät virukset voivat hyväksikäyttää lähes kaikkia liitetiedoston käsittelyyn käytettyjen sovellusohjelmistojen haavoittuvuuksia. Tällöin olennaista on pyrkiä hallitsemaan haavoittuvuuksia. Käytännössä organisaation on järjestettävä turvapäivityksien aktiivinen seuranta työasemissa ja palvelimissa, sekä ohjeistettava toimenpiteet löydettyä haavoittuvuus. (Vahti-ohje, 2004)

Kaikki laitteet, jotka sisältävät ohjelmistoja, ovat alttiita kyberriskeille. Laitteiden valmistajilla tulee olla laadunhallintajärjestelmä, joka osoittaa, miten kyberriski on minimoitu laitteen suunnittelun, kehittämisen, valmistuksen ja toimittamisen aikana, ja miten jälkimarkkinavaatimukset täyttyvät. Tämä on ratkaisevan tärkeää, jotta voidaan vähentää todennäköisyyttä, että kyberturvallisuushaavoittuvuuksia muodostuu ja hyökkääjät käyttävät niitä hyväkseen. (Australian Government, 2018)

Laitetaso haavoittuvuudet

Laitetasolla uhkan muodostavat laitejärjestelmien komponenteissa olevat haittaohjelmat, takaportit (engl. backdoors) ja ns. tappokytin (engl. kill switch). Laitteiden turvallisuusriski on se, että ne voivat mahdollisesti altistaa sekä laitteeseen liittyvän datan, että itse laitteen hallinnan joutumisen ulkopuolisen haltuun. Uhkakuva edellyttää yhä tiiviimpää sidosryhmäyhteistyötä erityisesti järjestelmä-/laitesuunnittelun ja sääntelyn osalta. Sidosryhmäyhteistyöhön liittyvät sääntelyviranomaiset, laitevalmistajat, käyttäjäorganisaatiot, IT-toimittajat ja myös käyttäjät. (Grimes, 2016)

Datamanipulaatio

Datamanipulaatioissa dataa eli tiedon esitystä tai sen esittämistä käsittelykelpoisessa muodossa pyritään muuttamaan alkuperäisestä. Sähköisen tiedon manipuloiminen on ollut rikollista 1960-luvulta lähtien. Manipuloidun tiedon käytöllä saattaa olla merkittäviäkin haittavaikutuksia. Virheellisen datan käyttö voi aiheuttaa esimerkiksi virheellistä toimintaa, jonka seurauksena saattaa aiheutua uhkaa tai vahinkoa henkilöille. (Limnell

ym., 2012) Henkilöiden lisäksi uhkaa tai vahinkoa saattaa aiheutua myös materiaalille ja järjestelmille.

Yksinkertaisimmillaan datan manipulointi voidaan toteuttaa muuttamalla esimerkiksi jonkin sensorin antamaa tietoa. Toisessa ääripäässä voidaan murtautua syvälle järjestelmään ja muuttaa siellä olevaa tietoa.

Datan manipuloinnissa varsinaista eli järjestelmässä käytettävää tietoa (data) manipuloidaan näyttämään toiselta, kuin mitä esimerkiksi fyysiset sensorit ovat sitä lähteestä alun perin keränneet. Manipulointi kohdistetaan johonkin haluttuun dataan, jotta saadaan vaikutettua järjestelmään piilossa. Loppukäyttäjä käyttää tätä muunnettua tietoa päätöksentekemiseen tai järjestelmän tai kokonaisen systeemin ohjaamiseen. Tämä toiminta voi olla esimerkiksi koordinaattien siirtoa, jonkin laitteen tai tapahtuman ohjaimista tai muuta vastaavaa toimintaa. Manipulointi voidaan suorittaa useassa kohdassa datan elinkaaren ja siirtojen aikana. Dataa voidaan muokata sen lähtöpisteessä, siirtämisen aikana tai datan tallennuspaikassa. (Lehtonen, 2017)

Digitaalisesti muokattua kuvaa, videota ja ääntä käytetään yhä laajemmin kyberrikoksissa ja informaatiovaikuttamisessa. Tällaisia ovat syväväärentäminen (engl. deepfake) ja morfaus (engl. morphing).

Deepfake on tekoälyä ja koneoppimista käyttäen manipuloitua kuva-, ääni- sekä video-materiaalia, jonka vääräksi tunnistaminen on erittäin vaikeaa ihmissilmälle. Deepfakea voidaan hyödyntää usealla tavalla esimerkiksi henkilön ääninäytteen väärentämiseen, videossa henkilön korvaamiseen toisella tai kuvan luomiseen kokonaisuudessaan keino-tekoisesti. (Kietzmann, 2019)

Morfaus on menetelmä, jonka avulla kahden eri henkilön kasvokuvat sulautetaan digitaalisesti yhdeksi kuvaksi, pitäen sisällään riittävän määrän tunnistamiseen tarvittavia kasvopiirteitä kummastakin henkilöstä. (Kietzmann, 2019)

Deepfaken ja morfauksen keskeisin ero on lopputulos. Yksinkertaisimmillaan Deepfakessa kuva, video tai ääni korvataan toisella. Morfauksessa puolestaan yhdistetään kahden eri kuvan piirteet samaan kuvaan.

Ihmisten aiheuttamat haavoittuvuudet

Useat tutkimusraportit osoittavat, että yrityksen sisäpiiriläiset ovat merkittävä kyberuhka. IBM:n mukaan sisäpiiriläiset tekivät jopa 60 % kaikista hyökkäyksistä. Kaspersky puolestaan arvioi, että 21 % organisaatioista oli menettänyt luottamuksellista tietoa sisäpiiriuhkan vuoksi. Tämän lisäksi Kasperskyn tutkimus osoitti, että 73 %:ssa organisaatioista oli ollut sisäpiirin aiheuttama tietoturvatapahtuma vuonna 2015. Sekä IBM että ENISA sisällyttävät tähän ryhmään tahattomat ja tahalliset tekijät. IBM ilmoitti lisäksi, että kokonaismäärä oli kasvanut edellisen vuoden lukemista. Verizonin tutkimissa tapauksissa 77 % käyttöoikeuksien väärinkäytöstä oli sisäpiiriläisten tekemiä. Verizon tutki vielä tarkemmin näiden sisäpiiriläisten roolia yrityksessä ja totesi, että kolmasosa oli loppukäyttäjiä, joilla oli käyttöoikeudet luottamukselliseen tietoon. Ainoastaan 14 % oli esimiesroolissa tai rooleissa, jossa suuremmat käyttöoikeudet johtuivat erityisroolista

(esim. järjestelmähallinta tai kehittäjä). Verizonin tutkimus suosittaa, että ”tervehenkistä epäilyä on syytä harrastaa kaikista työntekijöistä”. Motivaationa hyökkääjillä oli joko taloudellinen hyöty (34 %) tai vakoilu (25 %). (Lehto ym., 2017)

Merkittävänä kyberuhkana voidaan pitää myös henkilökunnan järjestelmien käyttötapoja ja salasanaikäytänteitä. Käyttäjät voivat toimia kyberturvallisuuspolitiikan vastaisesti asettaessaan yhteiskäyttösalasanoja tai estääkseen vaikkapa aikalukituksen päälle menoa laitteessa. Tiedon jakamista ja kyberturvallisuuden merkityksen korostamista ei voi tehdä liikaa. Se on tuotava organisaation kulttuuriin ja työntekijöille sitä on painotettava säännöllisesti. Käyttäjät ovat helpoin kohde tietojen kalasteluun rikollisiin tarkoituksiin. (Siwicki, 2016)

5.6.6 Haittaohjelmia ja huijauksia

Kiristyshaittaohjelma

Useat tutkimukset mainitsivat yhdeksi suurimmista trendeistä kiristyshaittaohjelmat ja niiden määrä ja vaikuttavuus on vahvassa kasvussa. Kiristyshaittaohjelmista syntyy jatkuvasti uusia kehittyneempiä muotoja, ja tämän lisäksi kiristyshaittaohjelma palveluna -konsepti on hyvin suosittu Dark Webissä.

Kiristysohjelma on haittaohjelma, joka salaa tai manipuloi laitteella olevia tietoja. Tyyppillisesti ohjelma vaatii käyttäjältä lunnaita salauksen purkamiseksi. Ohjelma voi tulla tietokoneeseen esimerkiksi sähköpostin liitetiedostona. Käyttäjän avattua liitetiedoston kiristysohjelma latautuu koneelle, minkä jälkeen ohjelma esimerkiksi muuntaa joitakin tiedostoja salakirjoitettuun muotoon. Haavoittuneita tiedostoja ei voi avata ilman oikeaa salauksenpurkuavainta. Kiristysohjelman levittäjä lupaa antaa avaimen lunnaita vastaan. Tiedostojen muuntamisen lisäksi haittaohjelma voi myös uhata levittää tai paljastaa luottamuksellista tietoa. (Sanastokeskus, 2018)

Kiristyshaittaohjelmat kohdistuvat myös pankki- ja rahoitustoimialalle sekä julkishallintoon. Kiristyshaittaohjelmia kehitetään yhä enemmän myös päätelaitteisiin, erityisesti älypuhelimiin, koska päätelaitteiden ja älypuhelimien käyttö on lisääntynyt edelleen. Kiristyshaittaohjelmat kohdistuvat yhä enenevässä määrin myös yrityksiin. Kiristyshaittaohjelma voi levitä koko yrityksen sisäverkkoon, jolloin se voi pahimmillaan salata kaikki verkkolevyt sekä pilvipalvelujen tiedostot. (Lehto ym., 2017)

Vuoden 2017 toukokuussa levinnyt WannaCry oli Crypto -kiristyshaittaohjelma, joka vaati 300 dollarin Bitcoin-lunnaita. WannaCry hyödynsi Microsoftin Windowsin Server Message Blockissa (SMB) olevaa haavoittuvuutta, joka salli koodin suorittamisen etänä. WannaCry-ohjelma koostui useista eri komponenteista. Se tarttui tietokoneelle Dropperin muodossa itsenäisenä ohjelmana, joka sisälsi tarvittavat sovelluskomponentit. Tällaisia komponentteja olivat muun muassa sovellus, joka salaa ja purkaa tiedot sekä salaus-avaimia sisältävät tiedostot. WannaCry oli saastuttanut 15. toukokuuta 2017 mennessä noin 200 000 tietokonetta. (Fruhlinger, 2018)

Microsoft oli julkaissut järjestelmiä suojaavan suojauspäivityksen lähes kaksi kuukautta ennen WannaCry -ohjelman hyökkäyksen alkamista. Käyttäjät, jotka eivät olleet päivittäneet tietokoneitaan eivät myöskään saaneet suojausta, mistä johtuen EternalBlue-koodin hyväksikäyttämä haavoittuvuus jätti käyttäjät alttiiksi hyökkäykselle. WannaCry -ohjelman oletettiin levinneen alun perin tietojenkäsitelukulukampanjan kautta.

Palvelunestohyökkäys

Palvelunestohyökkäys eli DoS (engl. Denial of Service) tarkoittaa mitä tahansa keinoa, jolla estetään tietojenkäsittelypalvelun käyttö siihen oikeutetuilta henkilöiltä. Hajautettu palvelunestohyökkäys eli DDoS (engl. Distributed Denial of Service) tarkoittaa useasta lähteestä tulevaa verkkoliikennettä, joka ylikuormittaessaan kohteen aiheuttaa palvelunestotilan. Yleisin hyökkäyksen toimintatapa on täyttää palvelun kone ulkoisilla kutsuilla, jolloin se ei pysty vastaamaan oikeille kutsuille. Hyökkäykset voivat tehdä palvelun pois käytöstä pahimmillaan päiviksi. Joskus hyökkäykseen voi sisältyä myös kiristämisyrittäisiä. Verkko- ja kuljetuserroksiin perustuvat hyökkäykset käyttävät useimmiten hyväkseen TCP, UDP, ICMP ja DNS protokollia ja keskittyvät häiritsemään sallittujen käyttäjien yhteyksiä hidastamalla uhrin verkon kaistaa. Sovelluserroksiin perustuvat hyökkäykset keskittyvät hidastamaan käyttäjien palveluita hyökkäämällä suoraan palvelimen resursseihin. (Yan ym., 2016)

Palvelunestohyökkäyksiin voidaan vaikeuttaa merkittävästi internet-pohjaisiin palveluihin. Vuonna 2016 nimipalveluyhtiö Dyn joutui Mirai-botnetilla toteutetun massiivisen kyberhyökkäyksen kohteeksi. Botnettiin oli kaapattu verkkoon kytkettyjä IoT-laitteita kuten turvakameroita, printtereitä, digibokseja, itkuhälyttimiä, kotireitittimiä. Tämän botnetin avulla voitiin estää kymmenien palveluntarjoajien toiminta kuten Twitter, Amazon, CCN, New York Times, AirBnB, Spotify ja Netflix. Hyökkäysten haittaliikenne oli huipukohdissaan yli terabitin sekunnissa, joten se riitti estämään palvelun suurimmiltakin kohteilta.

Teknisen tuen huijaukset

Teknisen tuen huijauksessa huijari ottaa yhteyden soittamalla ja väittää olevansa teknisen tuen asiantuntija tunnetusta yrityksestä, kuten esimerkiksi Microsoft. Useimmiten yhteydenotto on puhelinsoitto, ilman minkäänlaista ennakkotiedustelua tai muuta vastaavaa toimintaa. Huijari kertoo, että uhrin koneella on haittaohjelma. Huijari yrittää saada kohteen toimintaan hänen ohjeidensa mukaan nopeasti, jottei haittaohjelma pääsisi leviämään koneella. Huijarien motiivina on saada uhrinsa kone aluksi haltuunsa ja lopullisena tavoitteena huijarilla on saada uhrilta rahaa jollakin keinolla. Esimerkiksi uhri huijataan maksamaan jonkinlainen maksu tai saadaan uhrin pankkitunnukset kokonaan haltuun.

Huijari pyytää uhrejaan ajamaan erilaisia komentoja kuten ASSOC, NETSTAT, tapahtumienvalvonta tai muita vastaavia komentoja. Komennot antavat tuloksia tietokoneen toiminnasta ja asetuksista. Huijari tulkitsee käyttäjän koneen antamia vastauksia itselleen hyödyllisellä tavalla ja yleensä kertoo, että koneella on hakkeri tai muu tietoturvaongelma. Nyt huijari yrittää saada kohteen asentamaan koneelleen etähallintaohjelman. Jos huijari onnistuu pääsemään uhrin koneelle etäyhteyden avulla, hänen on mahdollista saada haltuunsa kaikki sillä olevat tiedot. (Kyberturvallisuuskeskus, 2020)

Sosiaalinen manipulointi

Sosiaalisella manipuloinnilla tai käyttäjän manipuloinnilla (engl. Social Engineering) hyökkääjä pyrkii sosiaalisella vuorovaikutuksella suostuttelemaan yksilön tai organisaation toimimaan haluamallaan tavalla.

Kalasteluhyökkäykset (engl. phishing) ovat yksi yleinen sosiaalisen manipuloinnin muoto. Siinä hyökkääjä pyrkii toimimaan luotettavana toimijana, ja saamaan näin haltuunsa esimerkiksi uhrin henkilökohtaisia tietoja, kuten salasanoja, käyttäjätunnuksia tai luottokorttitietoja.

Advanced Persistent Threat

Eriytyisen haitallisia ovat kohdistetut hyökkäykset (engl. Advanced Persistent Threat, APT), joissa kohde on valittu tarkasti ja kohteesta on myös kerätty tarvittava määrä tietoa hyökkäyksen mahdollistamiseksi. Kohdistetuissa hyökkäyksissä hyökkääjä hyödyntää aktiivisesti löydettyjä kohdeorganisaation palvelujen haavoittuvuuksia ja heikkouksia. Haavoittuvuuksia on ihmisten toiminnassa, organisaatioiden turvallisuusprosesseissa ja teknologiassa (ohjelmistoissa ja laitteissa). Hyökkäyksiä voidaan muuntaa ja kehittää, jotta voidaan hyödyntää kohdeorganisaation heikkouksia mahdollisimman hyvin. Kohdistetut hyökkäykset toteutetaan usein kampanjoina, jolloin ne koostuvat sarjasta epäonnistuneita ja onnistuneita yrityksiä päästä syvemmälle ja syvemmälle kohdeorganisaation verkkoon.

Kohdistettuja hyökkäyksiä eri tahoja kohtaan on tehty itsenäisinä operaatioina sekä osana laajempaa kokonaisuutta. Esimerkiksi Ukrainan sotaan liittyen kybertoimintaympäristössä ovat vaikuttaneet useat eri toimijat monilla eri motiiveilla varustettuna. Toimijoina on nähty esimerkiksi kyberrikollisia, haktivisteja, erikoisjoukkoja ja APT-ryhmiä. Kohdistettuun pitkäjaksoiseen uhkaan erikoistuneita APT-ryhmiä on tällä hetkellä listattuna useita kymmeniä. Ryhmien epäillään saavan ohjausta ja tukea valtiolliselta taholta. APT-ryhmien alkuperämaina Fire Eye (2020) listauksessa mainitaan Iran, Kiina, Pohjoiskorea, Venäjä ja Vietnam. Näiden lisäksi mainitaan ryhmiä, joiden alkuperämaasta ei ole varmuutta. Suurinta osaa ryhmistä ei ole voitu suoraan sijoittaa yhteenkään valtion toimijaksi, mutta suoritettujen operaatioiden ja teknisten sekä inhimillisten piirteiden, kuten koodin kirjoittamisajankohtien, perusteella ryhmien alkuperää on voitu yrittää varmentaa. Tämä on kuitenkin haastavaa ja useat tahot välttävätkin valtioiden nimeämistä ryhmien toimintaa analysoitaessa. (Fire Eye, 2020)

Advanced Persistent Threat -käsitteen **Advanced** -sanalla tarkoitetaan, että hyökkääjä voi käyttää laaja-alaisesti eri hyökkäystapoja- ja keinoja. Hyökkääjät voivat käyttää kaikkein tavallisimpia ja julkisesti saatavilla olevia hyötykeinoja (engl. exploits) tunnettuja haavoittuvuuksia vastaan tai hyökkääjät voivat kehittää kustomoituja keinoja riippuen hyökkäyskohteesta ja hyökkäyksen päämäärästä. Advanced tarkoittaa myös sitä, että hyökkääjät käyttävät hyväkseen monia tekniikoita tiedonkeruussa, haittaohjelmien kehittämisessä ja hyökkäysten toteuttamisessa. Lisäksi edistyneiden social engineering -taitojen hyödyntäminen on yksi edistynyt taktiikka. (Tipton & Krause, 2012)

Persistent -sanalla tarkoitetaan hyökkääjän sinnikkyttä suorittaa tehtävä. Hyökkääjä käyttää laadittuja toimintaohjeita ja -malleja, jotta hyökkäys voi saavuttaa sille asetetut

tavoitteet. Sinnikkyydellä ei välttämättä tarkoita valitun kyberaseen jatkuvaa käyttöä, vaan hyökkääjän vuorovaikutuksen ylläpitämistä kohteen kanssa, kunnes hyökkääjät pääsevät haluttuun päämääränsä. (Tipton & Krause, 2012)

Threat eli uhka tarkoittaa, että hyökkääjät ovat järjestäytyneitä, hyvin rahoitettuja ja hyvin motivoituneita toteuttamaan tehtävänsä. Hyökkääjät koostuvat usein monista ryhmistä, jotka taas koostuvat huippuosaavista operaattoreista. Uhka mielletään usein olevan hyökkäyksessä käytettävä haittaohjelma, mutta hyökkäyksen toteuttajat eivät koostu ohjelmointikoodista. APT-hyökkäyksen toteuttajat tai toimeenpanijat ovat hyökkäyksen oikea uhka. (Tipton & Krause, 2012)

5.6.7 Kyberturvallisuutta rakentamassa

Kyberturvallisuus voidaan määritellä lyhyesti toimenpiteiksi, joilla suojaudutaan kyberhyökkäyksiä ja niiden vaikutuksia vastaan sekä toteutetaan tarvittavia vastatoimenpiteitä. Kyberturvallisuus rakentuu organisaation tai instituution uhka-analyysille. Kyberturvallisuusstrategian ja -ohjelman rakenne ja elementit riippuvat organisaation arvioituista uhkatekijöistä ja riskeistä. Useissa tapauksissa on välttämätöntä laatia organisaatiolle useita kohdennettuna kyberturvallisuusstrategioita/ohjeita.

Kyberturvallisuuteen kuuluvat toimenpiteet, joilla voidaan ennakoivasti hallita ja tarvittaessa sietää erilaisia kyberuhkia ja niiden vaikutuksia. Kybertoimintaympäristön toiminnan häiriytyminen aiheutuu usein toteutuneesta tietoturvahkasta, joten kyberturvallisuuteen pyrittäessä tietoturva on keskeinen tekijä. Tietoturvan lisäksi kyberturvallisuuteen pyritään muun muassa toimenpiteillä, joiden tarkoituksena on turvata häiriytyneestä kybertoimintaympäristöstä riippuvaiset fyysisen maailman toiminnot. Siinä missä tietoturvalla tarkoitetaan tiedon saatavuutta, eheyttä ja luottamuksellisuutta, kyberturvallisuus tarkoittaa digitaalisen ja verkottuneen yhteiskunnan tai organisaation turvallisuutta ja sen vaikutusta niiden toimintoihin. (Sanastokeskus, 2018)

Kyberturvallisuustoimenpiteet voidaan jakaa kolmeen kokonaisuuteen: kyberturvallisuuden johtaminen, cyberkulttuuri ja kybersuojaus.

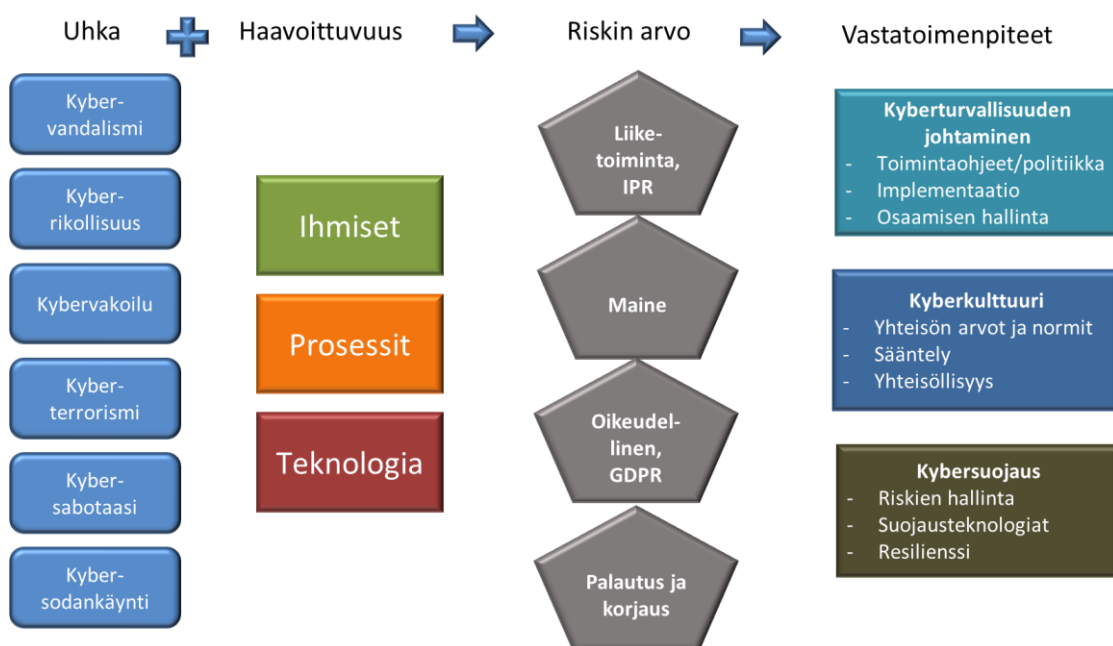
1. Kyberturvallisuuden johtamisen perustana on alan lainsäädäntö kuten rikoslaki, EU:n tietosuoja-asetus, NIS-direktiivi ja VAHTI-ohjeistus. Nämä antavat juridisen perustan ja veloitteet kyberturvallisuuden toteuttamiselle organisaatiossa. Lisäksi tarvitaan organisaation oma kyberturvallisuusstrategia/politiikka, jolla määritellään kyberturvallinen toimintatapamalli. Organisaation johdon vastuulla on toimivan kyberturvallisuusstrategian/politiikan laatiminen ja sen tehokas jalkauttaminen ja kehittäminen. Kyberturvallisuusstrategian/politiikan avulla ylin johto määrittelee organisaation kyberturvallisuuden päämäärät, periaatteet ja toimintatavat sekä ohjaa kyberturvallisuuden huomioon ottamista, suunnittelua ja toimeenpanoa organisaation eri tasoilla. Kyberturvallisuuden johtaminen on koko organisaation läpi ulottuva toiminta aina strategiselta tasolta toiminnan tasolle saakka. Johdon on kyettävä näkemään organisaatio kokonaisuutena, jotta prosesseihin liittyvät osatekijät ja niiden riskit voidaan tunnistaa.

Tarvittavan kyberosaamisen hallinta on johdon vastuulla. Kaikilla organisaation työntekijöillä tulee olla riittävät perustiedot kyberturvallisuudesta ja tarvittavat kyberturvallisuusosaaminen omaan tehtävään liittyen. Johdon tulee tarjota organisaation kyberammattilaisille tarvittavat työkalut ja ajantasainen koulutus, jotta nopeasti muuttuvaa kybertoimintaympäristöä voidaan hallita.

2. Kyberkulttuuri on organisaation ylimmän johdon luoma toimintakulttuuri, jossa kaikki työntekijät ymmärtävät ja noudattavat kyberturvallisuusohjeita. Yrityksen toimivalla johdolla ja hallituksella on vastuu toimia esimerkkeinä kyberturvallisuuden toteuttamisesta. Tutkimusten mukaan C-tason henkilöt vievät mukanaan luottamuksellisia tiedostoja kaksi kertaa useammin kuin työntekijät. 58 % johtajista on vahingossa lähettänyt tärkeää dataa väärälle henkilölle (25 % työntekijöistä). 87 % johtajista lataa yrityksen luottamuksellisia tiedostoja säännöllisesti omille henkilökohtaisille sähköpostitileilleen tai pilvijärjestelmiin. 63 % johtajista pitää samat salasanat kaikissa käyttämässään järjestelmissä ja palveluissa. Toimintakulttuuri ilmenee organisaation henkisinä, aineellisinä ja sosiaalisina käytäntöinä (Knuuttila, 1994). Toimintakulttuuriin sisältyvät muun muassa yhteisön arvot, odotukset, normit, säännöt, roolit ja menettelytavat, jotka usein ovat epävirallisia. Lisäksi siihen kuuluvat sääntely ja oikeusnormit Toimintakulttuuri ei ole staattinen ja sitä voidaan muuttaa ja siihen voidaan vaikuttaa.

3. Kybersuojauksen toteuttaminen perustuu hyvään tilannekuvaan. Tutkimusten mukaan 8 % yrityksistä kykenee erittäin nopeaan kyberhyökkäysten havainnointiin, 11 % yrityksistä kykenee nopeaan kyberhyökkäysten havainnointiin ja 21 prosentilla yrityksistä on yksi yhteinen näkymä datavarantoihin. RSA:n johtaja Amit Yoranin mukaan ”Yritykset eivät kokoa oikeita tietoja, eivät hyödynnä keräämiään tietoja ja käyttävät uhkien torjumiseen vanhanaikaisia tekniikoita.” (Perez, 2016)

Kuvassa 38 on esitetty kyberuhkien ja riskien hallinnan kokonaisuus.



Kuva 38 Kyberuhkien ja riskien hallinnan kokonaisuus.

Kybersuojauksen toteuttamiseksi tarvitaan kokonaisvaltainen kyberturvallisuusarkkitehtuuri, jonka eri työkaluin toteutettavat ratkaisut implementoidaan kybermaailman eri kerroksissa, jolloin niiden yhteisvaikutuksella voidaan saavuttaa systeemitason kerroksellinen kybersuojaus.

Edellä olevien hallinnollisten toimenpiteiden lisäksi tiedon turvaamiseen tarvitaan niihin liittyvien tietojärjestelmien suunnitelmallista ja turvallista ylläpitoprosessia, jonka tavoitteena on ennaltaehkäistä tietoturvapoikkeamia ja minimoida niiden vaikutusta. Se edellyttää kyberturvallisuuden ennakoivaa huomioimista järjestelmien kehittämisessä ja ylläpidossa koko järjestelmän elinkaaren ajan, sekä varsinaisten ylläpitotoimenpiteiden turvallista toteutusta. Turvallisessa ylläpidossa keskeisiä huomioitavia seikkoja ovat esimerkiksi:

- Kyberturvallisuuden kerroksellisuus ja mahdollisimman suurien kokonaisuuksien tehokas suojaaminen: esimerkiksi virustarkistus postipalvelimella ja tehokkaasti suojatut harvat liityntäpisteet julkiseen verkkoon asettavat vähemmän paineita työasematasolle.
- Järjestelmien ylläpidossa käytettyjen tietoliikenneyhteyksien tietoturvallisuus verkon ositus siten, että verkon seuranta ja pääsynvalvontaa voidaan toteuttaa tarkoituksenmukaisesti.
- Jatkuvuussuunnittelu, erityisesti ohjelmistopäivitysten osalta.
- Käytettävillä käyttöjärjestelmäversioilla tulee olla toimittajan tuki.
- Ohjelmistoista ja palveluista on syytä käyttää vain luotettuja versioita.
- Järjestelmiin tehtävät konfiguraatio- ja ohjelmistopäivitykset sekä muutokset tulee suunnitella ja testata erillisessä testiympäristössä ennen toteutusta itse tuotantojärjestelmässä.
- Toimenpidesuunnitteluun kuuluu varasuunnitelman laatiminen epäonnistuneesta päivityksestä tai järjestelmämuutoksesta palautumiseksi.
- Haittaohjelmilta on syytä suojautua paitsi käyttöjärjestelmäpäivitysten myös ajan tasalla olevan virustorjuntaohjelmiston avulla, erityisesti Windows-järjestelmissä ja enenevässä määrin erilaisissa mobiililaitteissa käytössä on riittävät menettelyt suunnittelemattomien järjestelmämuutosten havaitsemiseksi (esim. IDS-järjestelmät, tarkistussummat).
- Pääkäyttäjän oikeudet on vain nimetyillä ylläpitäjillä ja niiden käyttö on suunnitelmallista (käytetään vain tarvittaessa, oikeudet kasvatetaan pääkäyttäjäksi henkilökohtaisilla ylläpitosalasanoina eikä pääkäyttäjän salasanalla) laitteistojen ajantasaisuudesta ja riittävästä kapasiteetista sekä varalaittejärjestelyistä huolehditaan.
- Huolto- ja ylläpitosopimusten tarve niin laitteistoille kuin ohjelmistoillekin tulee miettiä ja sopimukset pitää ajan tasalla.
- Kriittisille järjestelmille voidaan harkita myös sopimuksia varajärjestelyistä huoltosopimusten lisäksi laiterikkoihin varaudutaan tarvittaessa laitteistojen tarkoituksenmukaisella kahdennuksella tai laajemmalla monentamisella.

(VAHTI-ohje, 2009)

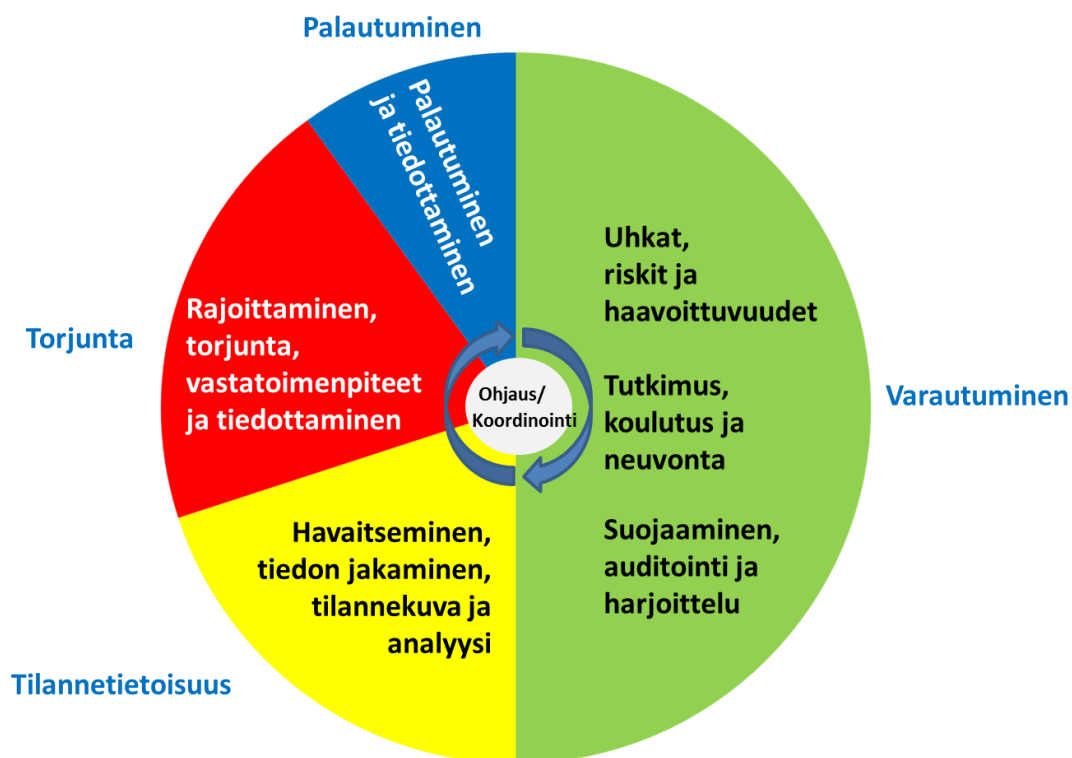
Kyberturvallisuuteen liittyviä seuraavia attribuutteja, joita kyberturvallisuusohjeissa tulee ottaa huomioon:

- Identifiointi: käyttäjien tunnistaminen,

- Autentikointi: luotettavuuden varmistaminen,
- Jäljitysketju: tapahtumien jäljitettävyys,
- Pääsyoikeudet: käyttäjien oikeudet verkkoon ja järjestelmiin,
- Uudelleenkäytettävyys: mahdollisuus käyttää työkaluja ja menettelytapoja uudestaan,
- Virheettömyys: prosessien virheetön toiminta,
- Toipuminen: toimintakyvyn palauttaminen.

(Seruga, 2011)

Kyberhäiriötilanteiden hallinta on esitetty kuvassa 39.



Kuva 39 Kyberhäiriötilanteiden hallinta.

Kyberhäiriötilanteiden hallinta sisältää varautumisen, tilannetietoisuuden, varsinaisen torjuntavaiheen ja palautumisen.

Varautuminen tarkoittaa toimintaa, jolla varmistetaan tehtävien mahdollisimman häiriötön hoitaminen ja mahdollisesti tarvittavat tavanomaisesta poikkeavat toimenpiteet normaaliolojen häiriötilanteissa ja poikkeusoloissa. Varautumistoimenpiteitä ovat muun muassa valmiussuunnittelu, jatkuvuudenhallinta, etukäteisvalmistelut, koulutus ja valmiusharjoitukset. (Turvallisuuskomitea, 2017)

Reaaliaikaisen tilannekuvan muodostamisen ja jaetun tilannetietoisuuden aikaansaamisen tulee olla yhä nopeampaa, ja myös tilannekuvan luotettavuuden merkitys korostuu. Johtamisprosessissa tarvitaan sisällöltään mahdollisimman tarkkaa ja oikein aikautettua

informaatiota, jotta keskitetty johtaminen ja torjuntatoimenpiteet voidaan toteuttaa tehokkaasti ja oikea-aikaisesti. Resurssien käytön perusteiden pitää syntyä nopeassa päätösprosessissa tilannekuva analysoimalla. Tilannetietoisuuden kehittäminen edellyttää tehokasta havainnointikykyä ja siksi tarvitaan kansallisen tason tietoverkkotiedustelun suorituskyvyn kehittämistä jo ennakkoarvoituksenkin kannalta.

Palautumisen keskeisiä osatekijöitä ovat ajantasaiset jatkuvuus- ja toipumissuunnitelmat sekä niihin liittyvät varajärjestelyt ja huoltosopimukset. Palautumista voidaan edistää mm. liiketoiminnan jatkuvuuden takaavilla suunnitelmilla (engl. business continuity planning). Toiminnan jatkuvuuden takaavien suunnitelmien tavoitteena on varautua poikkeustilanteisiin niin, että niistä palautuminen olisi mahdollisimman nopeaa ja vahinkoja tulisi mahdollisimman vähän. Kolmantena tavoitteena on, että organisaation henkilökuntaa koulutetaan, jotta he osaavat toteuttaa laadittua suunnitelmaa käytännössä. (Valkama, 2019)

Kyberturvallisuutta varten tarvitaan organisaation johdon ohjaama kyberriskienhallintaprosessi osana organisaation turvallisuuden hallintaa. Siinä keskeisiä toimenpiteitä ovat:

1. Valvoa IT- resursseja ja kybertoimintaympäristöä (=tilannekuvan luominen),
2. Varmuuskopioida yrityksen tiedot ja varmistaa palautusprosessi (=jatkuvuuden hallinta),
3. Huolehtia ICT-järjestelmien päivitysprosesseista (=järjestelmähallinta),
4. Investoida koulutukseen (=kyberosaamisen hallinta),
5. Vähentää riskejä monikerroksisella kybersuojauksella (=kyberriskienhallinta),
6. Vahvistaa riittävillä turvallisuusinvestoinneilla, harjoittelulla ja kyberkulttuurin luomisella kyberresilienssiä.

Aina yrityksen toiminta- ja johtamisprosessit eivät ota huomioon kehittyneitä kyberhyökkäyksiä. FBI:n mukaan toimitusjohtajapetoksissa rikolliset ovat ”ansainneet” yli 2,3 miljardia dollaria viime vuosina ja tammikuusta 2015 lähtien tapausten kasvu on ollut 270 %. Organisaation prosessien tunnistamisessa ja turvaamisessa organisaation johdolla on ratkaiseva rooli. Johdon on kyettävä näkemään organisaatio kokonaisuutena, jotta prosesseihin liittyvät osatekijät ja niiden riskit voidaan tunnistaa.

Kun yrityksessä on toimittu ohjeiden vastaisesti, kysymys on usein osaamisen puutteesta. Yrityksen johdon tuleekin esittää seuraava kysymys: Mitä jokaisen johtajan, IT-ammattilaisen, kyberturvallisuusosaajan ja jokaisen työntekijän tulee tietää kyberturvallisuudesta? Yrityksen johto määrittää tavoitteet ja resurssit kyberturvallisuusosaamisen hallinnalle, jotta osaamisvajae ei aiheuta kyberturvallisuusriskejä.

Kyberturvallisuus tulee nähdä osana laajempaa kokonaisuutta luottamuksesta digitaalisiin palveluihin. Luottamus digitaalisiin palveluihin edellyttää teknisten taitojen lisäksi mm. median monilukutaitoa, ymmärtämystä digitaalisen toimintaympäristön lainalaisuuksista ja tietoisuutta informaatiovaikuttamisesta. Digitaaliseen luottamukseen liittyvä osaaminen täytyy nähdä kansalaistaitona.

Organisaation turvallisuusratkaisua rakennettaessa joudutaan luomaan tasapaino kyberturvallisuuden, järjestelmien toiminnallisuuden ja käyttäjien kokeman käyttömukavuuden välille. Toiminnallisuuden ja käyttömukavuuden epätarkoituksenmukaiset ratkaisut luovat organisaation sisälle hyvin suuren haavoittuvuuden.

Kyberturvallisuus selitetään tyypillisesti kolmisanaisina joukkoina, jotka kuvaavat alan ammattilaisten tavoitteita, näkökulmaansa kyberturvallisuuteen ja heidän metodejaan. Oheiset kolme joukkoa kuvaavat kyberturvallisuutta tyypillisimmin:

- Estää, tunnistaa, vastata (engl. protect, identify, respond),
- Ihmiset, prosessit, teknologia (engl. people, processes, technology),
- Luottamuksellisuus, eheys ja saatavuus (engl. confidentiality, integrity, availability).

Perinteiset organisaation ICT-infrastruktuurin syvyysuuntaisiin vyöhykkeisiin suojauskehiin perustuvat turvallisuusratkaisut eivät vastaa enää riittävästi tämän päivän kehittyneisiin uikiin, jotka tulevat laajalta alueelta joko organisaation ulkoa tai sisältä. Näin ollen integroidussa turvallisuusjärjestelmässä tulee voida teknillisillä ratkaisuilla luoda vyöhykkeisiä suojauskehiä täydentävä vahva käyttäjä-, tietoverkko- ja datavarantojen suojaus, päätelaitteiden hallinta ja turvallisuus, datavirtojen aktiivinen monitorointi, havaintokyvykkyyden luominen ja erilaisten hyökkäysvektoreiden torjunta. Järjestelmä edellyttää kyvykkyyttä ymmärtää alati muuttuvaa hyökkäysalaa ja uusia hyökkäysvektoreita. (Suomen Automaatioseura ry, 2005)

Älykkäästä kyberturvallisuusarkkitehtuurista voidaan muodostaa kyberturvallisuuteen alustoja, jotka tarjoavat laajan kohdennetun ekosysteemin integroitua turvallisuusratkaisuja. Alustaratkaisut mahdollistavat tehokkaan kyberturvallisuusasiantuntijoiden ja tekoälysovelluksen yhteistyön, jossa tekoäly toimii avustavassa roolissa toteuttamalla tarvittavia suojaustoimenpiteitä ja samalla tuottamalla analyysin kautta jalostettua informaatiota päätöksenteon pohjaksi. Lisäksi virtualisointi antaa mahdollisuuksia ICT-prosessien valvontaan, lohkoketjutekniikka sopimusten ja datan suojaukseen sekä RFID-tekniikka (engl. Radio Frequency Identification) ja tekoäly laiteseurantaan.

Ratkaisut voidaan toteuttaa kybermaailman eri kerroksissa, jolloin niiden yhteisvaikutuksella voidaan saavuttaa systeemitason kerroksellinen kybersuojaus (engl. security in depth). Systeemitason suojausta voidaan kehittää soveltamalla uusien tekniikoiden avulla ratkaisuja kybermaailman rakenteen jokaiselle tasolle.

Tekoäly auttaa automatisoimaan monimutkaisia prosesseja kyberhyökkäysten tunnistamiseksi ja reagoimalla tietomurtoihin. Tämänkaltaiset sovellukset ovat kehittymässä entistä paremmiksi tekoälyn hyödyntämisen myötä. Koneoppiminen, yksi tekoälyn osa-alueista, viittaa teknologioihin, joiden avulla tietokoneet voidaan saada oppimaan ja mukautumaan kokemusten kautta. Kyseinen teknologinen osa-alue simuloi ihmiskognitiota, kuten kokemuksista ja malleista oppimista päättelyn sijasta (syy ja seuraus). (Suomen Automaatioseura ry, 2005)

Nykyään syväoppimisen kehitysaskeleet koneoppimisen osa-alueella tarjoavat koneille mahdollisuuden oppia rakentamaan hahmontunnistuksen malleja ilman ihmisen puutumista asiaan. Uuden mallin tunnistusta voidaan verrata jo tunnettuihin malleihin, jotta potentiaalinen haitallisuustaso voidaan hahmottaa. Tunnistusprosessin nopeus ja tarkkuus eivät ole mahdollisia ihmisasiantuntijoille mielekkäässä ajassa. (Suomen Automaatioseura ry, 2005)

Tekoäly voi toimia kyberturvallisuusongelman ratkaisijan asemassa. Tekoälyratkaisuja ja kognitiivista tietojenkäsittelyä sovelletaan kyberhyökkäysten havaitsemiseen, torjuntaan ja selvittämiseen. Analytiikkapohjaiset ratkaisut pohjautuvat sääntöihin, joita kyberturvallisuusasiantuntijat ovat luoneet. Ne jättävät huomioimatta kyberhyökkäykset, jotka eivät täsmää laadittujen sääntöjen kanssa. Perinteiset haittaohjelmien tunnistusohjelmat ovat ylittäneet 80 % tunnistusasteeseen, joka jää lähes 20 prosenttia syväoppimisen algoritmeja hyödyntävistä sovelluksista. Haittaohjelmien tunnistamista varten toteutetut sovellukset ovat kehittyneet jälkiin (engl. signature), heurestiikkoihin ja käyttäytymiseen perustuvien tunnistusmenetelmien ajasta sandbox-menetelmien⁶ kautta kone- ja syväoppimiseen perustuvia menetelmiä hyödyntäviin ratkaisuihin. (Lehto, 2019)

Integroiduilla ratkaisuilla saadaan tarvittava näkyvyys ICT-järjestelmän kaikille tasoille, jolloin suojautumisen ja torjunta voidaan toteuttaa kokonaisuutena eikä yksittäisinä toimenpiteinä. Tekoälyn kyvykyys tulee esille erityisesti alkuvaiheen analyyseissä ja havaintojen läpikäynnissä. Tekoäly kykenee käsittelemään hetkessä satoja tuhansia asiakirjoja ja tietolähteitä. Tällä hetkellä julkaistaan päivittäin lähes 8 000 tietoturvaä käsittelevää artikkelia, joiden käsittelyyn ja hyödyntämiseen tarvitaan älykästä konetta. (Lehto, 2019)

Hyökkääjä käyttää hyväkseen organisaatioiden siiloutuneita ratkaisuja, joilla kuitenkin on vaikuttavuutta organisaation koko ICT-järjestelmään. Erityisesti perinteiset suojauskehiin perustuvat turvallisuusratkaisut eivät vastaa tämän päivän sofistikoituneisiin uhiin organisaation ulko- ja sisäpuolella. Integroidussa turvallisuusjärjestelmässä luodaan vahva tietoverkon suojaus, päätelaitteiden hallinta ja turvallisuus, datavirtojen aktiivinen monitorointi, havaintokyvykkyyden luominen ja erilaisten hyökkäysvektoreiden torjunta. Järjestelmä edellyttää kyvykkyyttä ymmärtää alati muuttuvaa hyökkäysalaa ja uusia hyökkäysvektoreita. Älykkästä kyberturvallisuudesta muodostuu alusta, joka tarjoaa laajan ekosysteemin integroitua turvallisuusratkaisuja. Alustaratkaisu mahdollistaa tehokkaan kyberturvallisuusasiantuntijan ja tekoälysovelluksen yhteistyön, jossa tekoäly toimii avustavan asiantuntijan roolissa toteuttamalla tarvittavia toimenpiteitä ja samalla tuottamalla jalostettua informaatiota päätöksenteon pohjaksi. (Lehto, 2019)

Lähteet

Arora, A., Krishnan, R., Telang, R., & Yang, Y. 2006. An empirical analysis of software vendors' patching behavior: Impact of vulnerability disclosure. ICIS 2006 Proceedings, 22.

⁶ Hiekkalaatikko, joka luo väliaikaisen rajoitetun alueen järjestelmän sisään ja jota voidaan käyttää mm. haittaohjelmilta suojautumiseen.

- Ashenden Debi. 2011. Cyber Security: Time for Engagement and Debate, Proceedings of the 10th European Conference on Information Warfare and Security, The Institute of Cybernetics at the Tallinn University of Technology Tallinn, Estonia, 7-8 July 2011, s. 15.
- Australian Government. 2018. Department of Health, Medical device cyber security Draft guidance and information for consultation, Version 1.0, December 2018.
- Beggs Christopher. 2006. Proposed Risk Minimization Measures for Cyber-Terrorism and SCADA Networks in Australia, Proceedings of the 5th European Conference on Information Warfare and Security, National Defence College, Helsinki, Finland, 1-2 June 2006.
- Congressional Research Service. 2020. Defense cyberspace operations. <https://fas.org/sgp/crs/natsec/IF10537.pdf>
- Dunn Cavelt, Myriam. 2010. The Reality and Future of Cyberwar, Parliamentary Brief, 30th March 2010.
- ENISA. 2012. Threat Landscape, Responding to the Evolving Threat Environment, September 2012.
- Featherstone Mike, Burrows Roger. 1995. Cyberspace/cyberbodies/cyberpunk: cultures of techno-logical embodiment, SAGE Publications Ltd., London.
- Fire Eye. 2020. Advanced Persistent Threat Groups: Who's who of cyber threat actors. <https://www.fireeye.com/current-threats/apt-groups.html>.
- Fruhlinger, J. 2018. CSO-online. What is WannaCry ransomware, how does it infect, and who was responsible? <https://www.csoonline.com/article/3227906/what-is-wannacry-ransomware-how-does-it-infect-and-who-was-responsible.html>.
- Gibson William. 1984. Neuromancer, the Berkley Publishing Group, New York.
- Grimes Stephen L. 2016. Best Practices for Medical Device Cybersecurity Management, CE-IT Collaboration Town Hall Series March 23-24. 2016.
- Heim Michael. 1993. The Metaphysics of Virtual Reality, Oxford University Press, New York.
- Joint Publication 1-02. 2010. Department of Defense (DoD) Dictionary of Military and Associated Terms.
- Kietzmann J, Lee L, McCarthy I, Kietzmann T. 2019. Deepfakes: Trick or treat? Business Horizons <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007681319301600>.
- Kuehl, D.T. 2009. From cyberspace to cyberpower: defining the problem. Teoksessa F. D. Kramer, S. Starr & L. K. Wentz (toim.), Cyberpower and national security (s. 24--42). Washington D.C.: National Defense University Press.
- Kyberturvallisuuskeskus. 2020. Tietoturva nyt! – Väärennettyjä puheluita teknisen tuen nimissä. <https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/fi/ajankohtaista/vaarennettyja-puheluita-teknisen-tuen-nimissa>.
- Lehto Martti. 2019. Onko tekoäly turvallinen kirjassa Siukonen Timo, Neittaanmäki Pekka, Mitä tulisi tietää tekoälystä, Docendo Oy.
- Lehto M., Limnell J. 2017. Kybersodankäynnin kehityksestä ja tulevaisuudesta, kirjassa Silvasti M (Edit.) Tiede- ja Ase, 2017, sivut 179–212.
- Lehto M., Limnell J., Innola E., Pöyhönen J., Rusi T., Salminen M. 2017. Suomen kyberturvallisuuden nykytila, tavoittila ja tarvittavat toimenpiteet tavoitetilan saavuttamiseksi, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 30/2017, helmikuu 2017.

- Lehtonen Marko. 2017. Datan manipulointi kyberhyökkäyksessä, Tampereen teknillinen yliopisto
- Liaropoulos Andrew. 2010., War and Ethics in Cyberspace: Cyber-Conflict and Just War Theory, Proceedings of the 9th European Conference on Information Warfare and Security, University of Macedonia Thessaloniki Greece 1-2 July 2010.
- Libicki Martin C. 2007. Conquest in Cyberspace – National Security and Information Warfare, Cambridge University Press, New York 2007, s. 236-240.
- Limnell, J., Majewski, K., Salminen, M. 2014. Kyberturvallisuus, Docendo Oy.
- Metrick, K., Semrau, J. & Sadayappan, S. 2020. Intelligence for Vulnerability Management. FireEye.
- Ngan M, Grother P, Hanaoka K, Kuo J. 2020. Face Morphing – Threats, Technology, and What’s Next https://pages.nist.gov/ifpc/2020/presentations/26_frvt_morph_ifpc2020_ngan.pdf.
- Perez Juan Carlos. 2016. Top 5 takeaways from RSA Conference 2016, TechBeacon, March 8, 2016.
- Porter Arthur. 1969. Cybernetics simplified, English University Press, London 1969, s. vii.
- Sanastokeskus. 2018. Kyberturvallisuuden sanasto, Turvallisuuskomitea.
- Sartonen, M., Huhtinen, A-M., Lehto M. 2016. Rhizomatic Target Audiences of the Cyber Domain. Journal of Information Warfare, 15(4), 1–13. 2016.
- Seruga Jan. 2011. Head of School of Arts & Sciences, Australian Catholic University, Sydney, luento Jyväskylän yliopistossa 12.8.2011.
- Siwicki, B. 2016. Healthcare staff lacking in basic security awareness, putting medical infrastructure at risk.
- Stähle Pirjo. 2004. Itseuudistumisen dynamiikka - systeemiajattelu kehitysprosessien ymmärtämisen perustana, verkkodokumentti, 2004, s. 2.
- Suomen Automaatioseura ry. 2005. Teollisuusautomaation tietoturva - Verkottumisen riskit ja niiden hallinta. Turvallisuusjaosto.
- Tipton, H. F., & Krause, N. M. (Eds.). 2012. Information security management handbook, volume 6. ProQuest Ebook Central, pages 338-339
- Umpleby Stuart A. 2008. A Short History of Cybernetics in the United States, ÖZG 19.2008, pages 28-40.
- VAHTI-ohje. 2004. www.vahtiohje.fi/web/guest/kuinka-valttaa-tartunta
- VAHTI-ohje. 2009. Tietoturvapoikkeamiin varautuminen, 08.10.2009.
- Valkama Sari. 2019. Kyberrikoksista ilmoittaminen poliisille – Kaupunkien ja poliisin välinen yhteistyö, Jyväskylän yliopisto, pro gradu -tutkielma.
- Wang, J. & Williams, M. 2017. Zero-Day Vulnerabilities: How Do You Stop a Threat You Can't See Coming? DZone.
- Wiener Norbert. 1961. Cybernetics, Second Edition, the MIT Press and John Wiley & Sons, Inc, New York
- Zetter Kim. 2014. Countdown to Zero day, Broadway Books, New York.
- Yan, Q., Yu, F. R., Gong, Q., & Li, J. 2016. Software-defined networking (SDN) and distributed denial of service (DDoS) attacks in cloud computing environments: A survey, some research issues, and challenges. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 18(1), 602–622.

5.7 Digitaaliset palvelualustat

5.7.1 Siirtyminen kohti palveluyhteiskuntaa


















Suomen kannalta on hankalaa, että useiden digitaalisten palveluiden ja palvelualustojen tuottajat ovat suuria globaaleja toimijoita, jotka pystyvät kehittämään tuotteensa niin suuressa kokoluokassa, että niiden kanssa kilpaileminen on pienille toimijoille lähes mahdotonta. Samalla kuitenkin pienille toimijoille avautuu mahdollisuuksia toimia suurempien toimijoiden palvelun ohessa tai palvelualustan päällä. Pieni toimija voi kehittää tuotteen tai palvelun, joka saavuttaa globaalit markkinat hyödyntämällä suuren toimijan alustaa.

Digitalisoituva itsepalveluyhteiskunta Suomessa on kehittynyt maailmanlaajuisestikin arvioiden hyvin pitkälle. Taustalla on muun muassa voimakas digitalisaatio- ja teknologiakehitys. Kansalaisten erilaiset kyvykkyydet hyödyntää digitalisoituja palveluita johtavat tarpeeseen pitää huolta erityisesti ikääntyvien digitaaloista. Tämä koskee erityisesti tärkeitä julkisia palveluita. Julkisten palvelujen tuotannossa ei riitä, että palvelua tarjotaan, vaan palvelun pitää myös olla saavutettavissa.

Kuinka kauan kestää 50 miljoonan käyttäjän saavuttaminen? Kuinka nopeasti miljoonat käyttäjät voisivat ottaa uuden tuotteen tai palvelun käyttöönsä? Ennen Internetiä ja digitaalisten tuotteiden kulutusta tuotteen käyttö saattoi levitä vain niin nopeasti kuin pystyttiin valmistamaan fyysinen hyödyke. Autojen käyttöönotto 50 miljoonalle käyttäjälle kesti 62 vuotta. Puhelimella kesti 50 vuotta saavuttaa 50 miljoonaa käyttäjää. Angry Birds peli saavutti 50 miljoonaa käyttäjää 35 päivässä ja Pokémon Go 19 päivässä.

Siirtyminen fyysisistä tuotteista digitaalisiin tuotteisiin on vaikuttanut adaptaatioprosentteihin, mutta samalla myös verkko vaikutusten kasvava voima. Metcalfen lain mukaan kommunikaatioverkon arvo on verrannollinen verkon käyttäjien lukumäärän neliöön (n^2). Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen tavaran tai palvelun uusi käyttäjä tuottaa lisäarvoa muille kyseisessä verkossa. Digitaalisen maailman uudet tuotteet tai palvelut voivat hyödyntää tätä verkkoefektiä saadakseen käyttäjiä ennennäkemättömällä nopeudella. Siksi sosiaalinen media, digitaaliset sovellukset ja Internet pystyivät kehittymään niin nopeasti. (Tou et.al, 2019a; Watanabe, Tou, Neittaanmäki, 2021).

Kuvassa 40 on esitetty aika, jonka tuote tai palvelu vaatii saavuttaakseen 50 miljoonaa käyttäjää.

Lentokone	Auto	Puhelin	Sähkö	Luottokortti	TV	Pankkiautomaatti	Tietokone	
								
68v	62v	50v	46v	28v	22v	18v	14v	
Kännykkä	Internet	iPod	YouTube	Facebook	Twitter	WeChat	Angry Birds	PokemonGo
								
12v	7v	4v	4v	3v	2v	1v	35p	19p

Kuva 40 Aika, jonka tuote tai palvelu vaatii saavuttaakseen 50 miljoonaa käyttäjää.

5.7.2 Suuret yritykset palvelullistavat teollisuuden

Perinteinen teollisuus on enenevässä määrin muuttunut palveluteollisuudeksi, jossa teollisuuden tuotteet tuotetaan palveluna asiakkaan tarpeen mukaan. Asiakkaiden ja tuottajan suhde muuttuu interaktiivisemmaksi. Molemminpuolinen tiedonvälitys ja järjestelmien interaktio ovat kriittisiä toiminnan sujuvuudelle. Asiakkuuksista tulee yhä enemmän yhteistyötoimintaa, joka vaatii investointeja teknologiaan. Yrityksen kyky toimia osana tuotteen tai palvelun arvoketjua onkin yhä enemmän osa yrityksen toimintamallia. (Watanabe & Ilmola, 2018; Tou et.al, 2019b)

Yritysten toimintaa on perinteisesti kuvattu arvoketjuina. Tuottajat tuottavat tuotteita, jakelijat toimittavat tuotteet hyllyihin, vähittäismyyjät markkinoivat tuotteita ja kuluttajat ostavat. Yritykset voivat hoitaa arvoketjusta joitakin osia, tai hallita koko ketjua. Arvoketjut nähdään yleensä yksisuuntaisina ja toimivat komponentteina alustataloudelle. Alustataloudessa kaikki sidosryhmät (tuottajat, jakelijat, kuluttajat jne.) kytkeytyvät digitaalisen alustan kautta toisiinsa. Yksisuuntaisen arvoketjun sijaan, palvelualusta mahdollistaa prosessin, jossa kaikki tahot voivat tuottaa lisäarvoa. Perinteisesti kuluttajat ovat vain kuluttaneet tuotteita. Alustataloudessa kuluttajat voivat tuottaa arvoa esimerkiksi datan muodossa. Sosiaalinen media on hyvä esimerkki alustasta, jossa palvelun käyttäjät tuottavat palvelun sisällön. Palvelualustat ovat digitaalisia, mutta niiden avulla välitettävä hyödyke voi olla fyysinen tuote, palvelu tai dataa. Palvelualustat liittyvät toisiinsa muodostaen valtavia ekosysteemejä. (Watanabe & Ilmola, 2018; Watanabe, Tou, Neittaanmäki, 2021)

Maailman suurimmat yritykset eivät enää nykypäivänä kilpaile raaka-aineilla ja tuotteilla, vaan tiedolla ja palvelualustoilla. Isoimmat toimijat voivat siten ohjata myös globaaleja standardeja omilla palveluillaan ja pienten toimijoiden täytyy mukautua isojen toimijoiden palveluihin. Suurten toimijoiden kapasiteetti tuottaa palveluita ylittää usein jopa kansallisten toimijoiden kyvykkyydet.

TEM:n vuoden 2021 raportin mukaan ”keskeisimpänä haasteena datapohjaisen liiketoiminnan luomisessa on kannattavan liiketoimintamallin luominen ja palveluiden kaupallistaminen, mikä edellyttää jopa asiakas- ja tapauskohtaisesti räätälöitäviä liiketoimintajoinnoittelumalleja. Teollisuudessa asiakkaat eivät ole tottuneita maksamaan palveluista, vaan laitteista, joten datapohjaiset palvelujen tulovirrat muodostuvat usein välillisesti eri lähteistä pienempinä puroina – esimerkiksi osana elinkaaripalvelua, varaosajoinnoittelun tai uusien laitehankintojen kautta. (TEM, 2021)

Kuvassa 41 esitellään yrityswaailmassa tapahtunut nopea murros, jossa IT-alan yritykset ovat markkina-arvoltaan syrjäyttäneet muiden teollisuusalojen yritykset. (Financial Times, 2020)

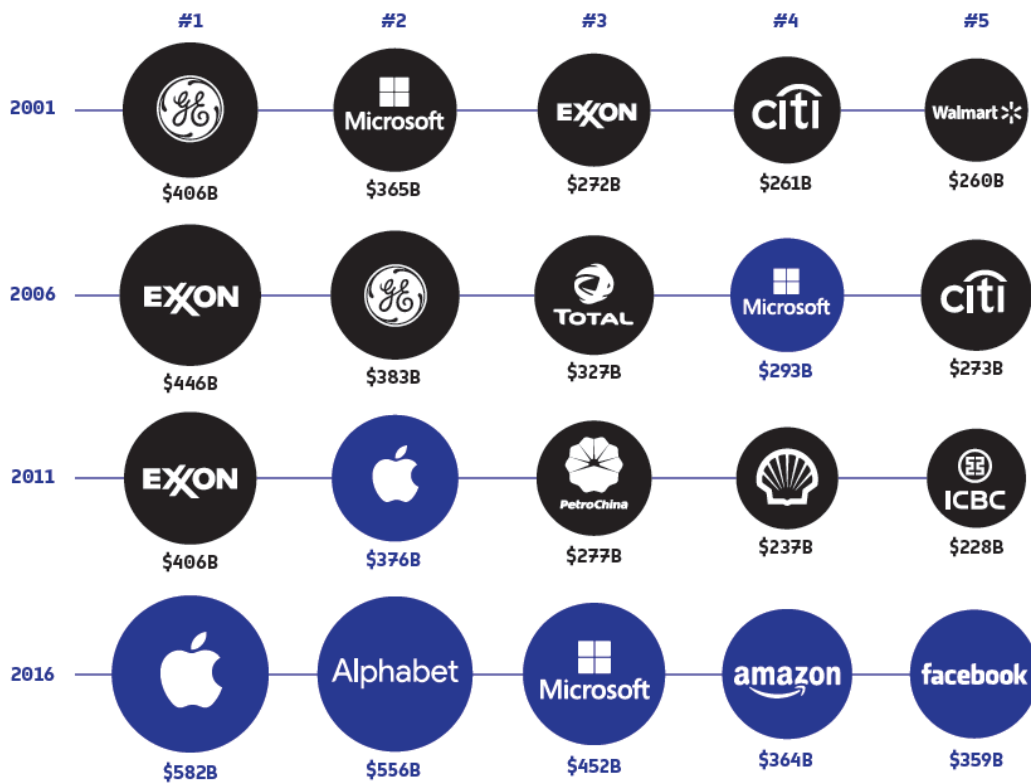
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2018	Microsoft	Apple	Amazon	Alphabet	Berkshire	Facebook	Tencent	Alibaba	Johnson & Johnson	JPMorgan
2017	Apple	Alphabet	Microsoft	Amazon	Facebook	Tencent	Berkshire	Alibaba	Johnson & Johnson	JPMorgan
2016	Apple	Alphabet	Microsoft	Berkshire	Exxon Mobil	Amazon	Johnson & Johnson	JPMorgan	General Electric	Wells Fargo
2015	Apple	Alphabet	Microsoft	Berkshire	Exxon Mobil	Amazon	General Electric	Johnson & Johnson	Wells Fargo	JPMorgan
2007	Petro China	Exxon Mobil	General Electric	China Mobile	ICBC	Microsoft	Gazprom	Royal Dutch	AT&T	Sinopec

 IT-alan yritys

Kuva 41 Maailman 10 suurimman yrityksen markkina-arvojen johtajuuden muutos 2007–2018.

Alustatalous toteutuu käytännössä palvelualustoina, joihin liiitytään teknisten rajapintojen, eli API:en (Application Programming Interface) avulla. Joskus kuuleekin puhutavan API-taloudesta. Tämä tarkoittaa sitä, että yrityksen tietojärjestelmät tulee rakentaa API-arkkitehtuurilla. API:t mahdollistavat palveluiden tarjoamisen eri sidosryhmille. Usein puhutaan monikanavaisuudesta (omnichannel) mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että järjestelmät suunnitellaan niin, että sama tieto on kaikkien kanavien hyödynnettävissä. Esimerkiksi kaupan ajantasainen varastotilanne pitää olla näkyvissä varastojärjestelmissä, kassalla, infopisteessä, asiakkaiden mobiilisovelluksissa ja verkkokaupassa. Teknisten rajapintojen lisäksi palvelualustaan liittyy yleensä sopimus, tai käyttöehdot, jolla määritellään ehdot, miten alustan tarjoamia palveluita ja tietosisältöä voidaan hyödyntää. Palvelualusten ajatuksena on avoimuus - monet alustat ovat vapaasti kenen tahansa hyödynnettävissä. (Neittaanmäki, Lehto, Savonen, 2021)

Kuvassa 42 on esitetty IT- ja datayritysten nousu maailman suurimmiksi yrityksiksi.



SOURCE: VISUALCAPITALIST.COM/CHART-LARGEST-COMPANIES-MARKET-CAP-15-YEARS/

Kuva 42. IT- ja datayritysten nousu maailman suurimmiksi yrityksiksi.

Litteen 1 taulukossa on esitetty 100 yritystä, jotka käyttivät eniten tutkimus- ja kehitysvaroja vuonna 2018 (miljardia US\$).

Digitaalitalouden osuus bruttokansantuotteesta on kasvanut Suomessa verrattain hitaasti 2010-luvulla. ETLA:n 1.12.2020 julkaistun tutkimuksen mukaan digitaalisten tavaroiden ja palveluiden tuotannon arvonlisä oli vuonna 2017 yli 21 miljardia euroa eli 11 prosenttia bkt:stä. Vuoden 2020 koronakriisi on nostanut talouden digitaalisuuden astetta aiempaa nopeammin ja kehitys näkyy erityisesti verkkokaupan kasvuna. Kysymyksiä herättää yhä digitalouden vaikutus verotuloihin. (ETLA, 2020)

Etlan tutkimusjohtajan Heli Kosken mukaan ”Vuodesta 2010 vuoteen 2017 kasvua syntyi vain prosenttiyksikön verran, eli digitaalitalouden suhteellinen osuus on kasvanut hitaasti. On kuitenkin todennäköistä, että Covid19 -pandemia on tänä vuonna lisännyt digitaaliteknologioiden hyödyntämistä ja nostanut talouden digitaalisuuden astetta aiempaa nopeammin. Tämä näkyy myös verkkokaupan merkittävänä kasvuna.” (ETLA, 2020)

Etila kehitti tutkimushankkeeseen uuden digitaalitalouden mittarin, joka ottaa nyt tarkemmin huomioon myös sen digitaalisen arvonlisän, joka kertyy vain osittain digitaalisia tuotteita tuottavilta toimialoilta. Näiden toimialojen digitaalista arvonlisää on arvioitu käyttämällä ICT-työntekijöiden palkkojen suhteellista osuutta kokonaispalkoista sekä verkkokaupan osuutta myynnistä mittarina digitaalisuuden asteelle. Tutkimusjohtaja

Jyrki Ali-Yrkön mukaan ”Näin mitattuna digitaalisten tavaroiden ja palveluiden tuotannosta syntyvä arvonlisä oli vuonna 2017 yli 21 miljardia euroa. Suomen bruttokansantuotteesta digitaalitalouden osuus on näin 11 prosenttia.” (ETLA, 2020)

Digitaalisen tuotannon on pelätty mahdollistavan myös veronkiertoa ja aiheuttavan sitä kautta verovajetta. Nyt julkaistussa tutkimuksessa digitaalisten tuotteiden arvonlisäveron osalta merkittävää verovajetta ei havaittu. Yhteisöverovajeen arviointi digitaalisen tuotannon osalta osoittautui kuitenkin mahdottomaksi, koska tilastoaineistot ovat puutteelliset. Joka tapauksessa digitaalinen arvonluonti haastaa nykyiset verojärjestelmät. Digitalisaation tuottamaa voittojen ja hyvinvoinnin kasvua on vaikea verottaa, vaikka verolakeja noudatettaisiinkin. (ETLA, 2020)

Henkilöverotuksen osalta mahdollisuus veronkiertoon syntyy todennäköisimmin silloin, jos alustayrityksellä ei ole raportointi- tai veronpidätysvelvollisuutta maassa, jossa palvelut syntyvät, ja jos verovelvollinen alustatyöntekijä laiminlyö veronalaisten tulojensa raportoinnin. Alustatyöntekijöille tehty kyselytutkimus antoi kuitenkin viitettä siitä, ettei alustatyöhön liity merkittävää veronkiertoa. Pääsääntöisesti verot maksetaan lainsäädännön mukaisesti. Euroopan unionin arvonlisäverojärjestelmää kehitetään parhaillaan niin, että kaikkia tuotteita verotettaisiin maissa, joissa niitä käytetään tai kulutetaan. (ETLA, 2020)

Lähteet

- ETLA. 2020. Suomen digitaalitalouden koko ja sen vaikutus verotukseen.
- Financial Times. 2020. Change in World Top 10 Market Capitalization Leaders, FT Global 500, The annual issue.
- ISTE. 2021. <http://www.iste.org/learn/computational-thinking>
- TEM. 2021. Datapohjaisen arvonluonnin strategiset vaihtoehdot, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:3. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162669/TEM_2021_3.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Tou Y., Watanabe C., Moriya K. and Neittaanmäki P. 2019a. A Solution to the Dilemma between R&D Expansion and the Productivity Decline: Lessons from the R&D Models in Amazon and Finland, International Journal of Managing Information Technology 11, No. 2 (2019a) 9-31.
- Tou Y., Watanabe C., Moriya K. and Neittaanmäki P. 2019b. Harnessing Soft Innovation Resources Leads to Neo Open Innovation, Technology in Society 58 (2019b) 101114.
- Watanabe C. and Ilmola L. 2018. Digitalization of Global Economy and Public Sector Funding, Reports on Scientific Computing and Optimization 1/2018, <https://www.jyu.fi/it/en/research/publications/reports-on-scientific-computing-and-optimization/reports/digitalization-of-global-economy-and-public-sector-funding-report1.pdf>
- Watanabe C., Tou Y., Neittaanmäki P. 2021b. Transforming the Socio Economy with Digital Innovation, Elsevier, forthcoming.
- Neittaanmäki P., Lehto M., Savonen M. 2021. Keski-Suomen digitalisaatiostrategian esiselvitys, raportti Keski-Suomen liitolle, 12.1.2021.

5.8 Laskennallinen ajattelu simuloinnissa ja mallinnuksessa, digitaalinen kaksonen

5.8.1 Laskennalliset tieteet

Tieto- ja viestintäteknologia ovat muuttaneet ratkaisevasti tapaa, jolla tiedettä maailmassa tehdään. Soveltava matematiikka ja laskennallinen tiede ovat nousseet kolmanneksi tukipilariksi kokeellisen ja teoreettisen tieteen rinnalle. Matematiikkaan pohjautuvien laskennallisten menetelmien ja välineiden kehitys on ollut voimakasta ja tukee toimintaa kaikilla tieteenaloilla. Laskennallisella lähestymistavalla voidaan saavuttaa konkreettisesti merkittäviä säästöjä, kun erilaisia kompleksisia järjestelmiä (tekniset, ihmislähtöiset) voidaan mallintaa ja optimoida entistä tarkemmin. Yhä monimutkaisempien ilmiöiden tutkimuksessa soveltavan matematiikan ja laskennallisen tieteen käyttäminen mahdollistaa aikaisempaa hankalampien ongelmien ratkaisemisen, esimerkkinä ihmisen genomien selvittäminen, sään ennustaminen tai yhteiskunnan monimutkaisten ongelmien ratkaiseminen. Laskennallisen tieteen avulla ratkotaan haastavia tutkimusongelmia hyvin monilla tieteenaloilla sekä poikkitieteellisesti.

Laskennallisissa tieteissä keskitytään matemaattisten mallinnusmenetelmien, todellisuutta jäljittelevien simulointimenetelmien, toimintaa parantavien optimointimenetelmien sekä laajojen tietoaisteistojen hallinnan mahdollistavien tiedonlouhintamenetelmien teoriaan ja käytännön hyödyntämiseen, erityisesti tietokoneanimaatioissa.

Laskennalliset tieteet koostuvat neljästä osa-alueesta:

- Mallintamisesta, simuloinnista, optimoinnista ja säätöteoriasta,
- Datan käsittelystä, analyysistä ja päätöksenteosta,
- Visualisoinnista,
- Laskentaympäristöstä.

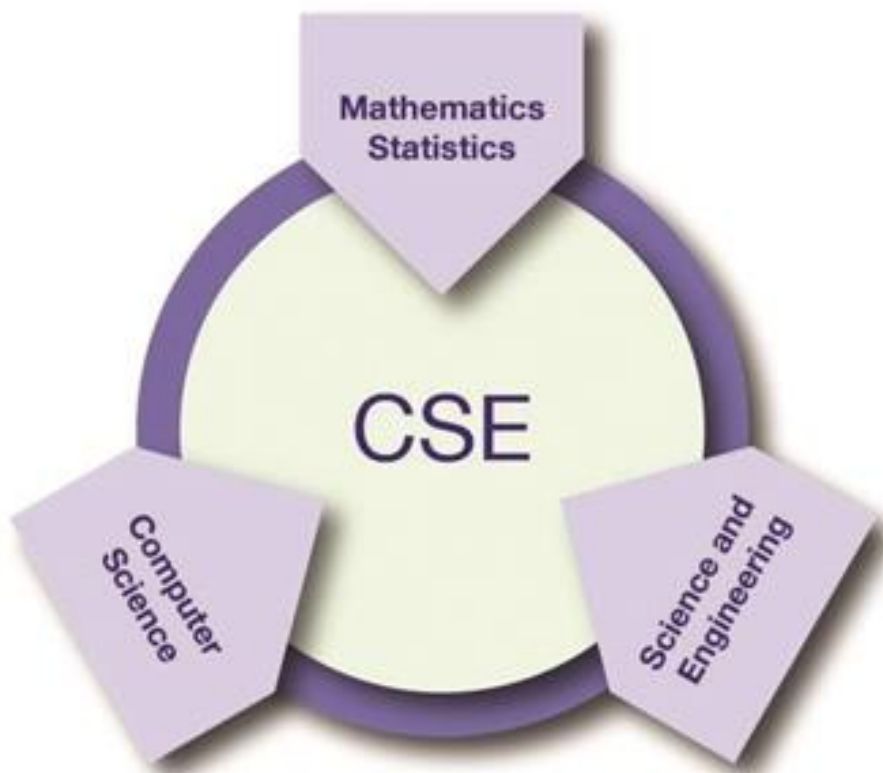
Laskennallisten menetelmien eli analyysin, mallinnuksen, simuloinnin, optimoinnin, data-analyysin ja tiedonhallinnan avulla voidaan hankkia syvempää tietoa eri asioiden riippuvuussuhteista ja hallita tehokkaammin kokonaisuuksia, riskejä ja epävarmuutta.

Laskennallinen tiede edustaa kolmatta tieteen paradigmaa. Siinä tietokoneen avulla simuloidaan reaali maailman ilmiöitä tai tilanteita, joita reaali maailmassa ei välttämättä vielä ole. Suomen osalta on tapahtunut nopea murros tutkimusparadigmojen asettelussa. Lähes kaikilla tieteen aloilla tehdään tutkimusta laskennallisilla menetelmillä kokeellisten ja teoreettisten menetelmien lisäksi. Suomen kilpailukyvyyn kannalta laskennallisten tieteiden kehittäminen on strategisesti tärkeää.

Nopea kehitys tietotekniikassa ja menetelmäosaamisessa mahdollistavat entistä monimutkaisempien ja realistisempien laskentamallien käyttöönoton eri alojen tutkimusongelmien ratkaisemiseksi. Näin vähennetään tuntuvasti tarvetta suorittaa erilaisia kalliita kokeita. Laskennallisten tieteiden menetelmillä voidaan hakea ratkaisuja ongelmiin

myös tilanteissa, joissa riittävän tarkan ratkaisun saaminen perinteisillä keinoilla ei onnistu. Laskennalliset tieteet mahdollistavat tutkimus- ja innovaatiotoiminnassa sekä yritysmaailmassa tuloksia, joita ei tähän asti ole ollut mahdollista saavuttaa.

Kuvassa 43 on esitetty laskennalliset tieteet (engl. Computational science and engineering, CSE) osana monitieteistä toimintaympäristöä. Laskennalliset tieteet on leikkaus matematiikasta ja tilastotieteestä, tietojenkäsittelytieteestä sekä perustieteiden (fyysiikka, kemia, biologia, taloustiede, yhteiskuntatiede, insinööritiede jne.) ydinalueista. Tämä yhdistelmä muodostaa uuden omanlaisen tutkimusalueensa.



Kuva 43 Laskennalliset tieteet on leikkaus matematiikasta ja tilastotieteestä, tietojenkäsittelytieteestä ja perustieteiden ydinalueista.

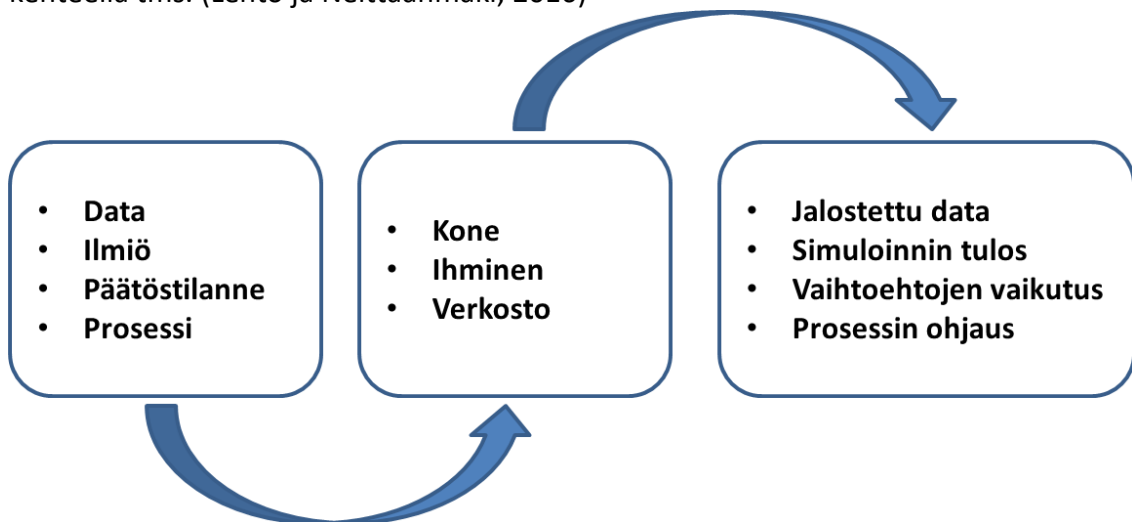
5.8.2 Laskennallinen ajattelu

Laskennallisen ajattelun filosofinen perusta, sisältö ja toimintalogiikka kumpuavat tieteellisestä laskennasta ja tietojenkäsittelytieteistä. Se on geneerinen ajattelumalli, jolla haetaan uutta tapaa jäsenellä uudenlaista "kokonaisvaltaisen oppimisen mallia". Olennaista on se, miten erotetaan laskennallisen ajatteluun sisältyvä kognitiivinen toiminta siitä, että pelkästään työskennellään tietokoneella tai muulla digitaalisella työvälineellä.

Tietojärjestelmätieteen professori Jeannette M. Wing (2006) Carnegie Mellon University:stä määritteli vuonna 2006 artikkelissaan laskennallisen ajattelun seuraavasti:

“Computational Thinking is the thought processes involved in formulating problems and their solutions so that the solutions are represented in a form that can be effectively carried out by an information-processing agent.”

Laskennallinen ajattelu kuvaa toimintaa ongelman määrittelyssä ja ratkaisun hahmottamisessa. Ratkaisun voi saavuttaa ihminen tai kone tai yleisemmin ihmisen ja koneen eri yhdistelmät (ks. kuva 44). Computation (suomeksi laskenta) on yleinen informaation käsittelyä kuvaava termi. Se sisältää laajan alueen inhimillisestä ajattelusta tietokone-laskentaan. Sanalla laskenta tarkoitetaan tässä yhteydessä hyvin määritellyn formaalin mallin olemusta ja sitä, kuinka se voidaan ilmaista algoritmilla, protokollalla, verkkorakenteella tms. (Lehto ja Neittaanmäki, 2016)



Kuva 44 Laskennallisen ajattelun prosessi.

Laskennallisessa ajattelussa ongelma ja ratkaisu tulee käsittää hyvin laajasti. Laskennallinen ajattelu sopii sekä matemaattisesti hyvin määriteltyihin ongelmiin, että reaali maailman ongelmiin, joiden ratkaisut saattavat olla suurien ja monimutkaisten ohjelmistosysteemien muodossa. Näin laskennallinen ajattelu liittyy loogisen ajattelun ja systeemijattelun kanssa. Se sisältää algoritmisen ajattelun ja rinnakkaisajattelun, jotka vuorostaan liittyvät laskennalliseen ajatteluun muita ajatteluprosesseja, kuten menetelmäajattelun ja rekursiivisen ajattelun. Laskennallista ajattelua käytetään ongelmien ja niiden ratkaisujen määrittelyssä ja analyysissä sekä niiden laaja-alaisessa tulkinassa. Kaikkein tärkeimpänä ylätasoinen prosessina laskennallisessa ajattelussa on abstraktioprosessi. Abstraktiota käytetään ongelmatilanteen ja sen parametrien määrittelyssä. (Wing, 2006)

Kansainväliset ISTE- ja CTA-järjestöt määrittävät laskennallisen ajattelun ongelmanratkaisuprosessiksi, joka sisältää seuraavia tunnusmerkkejä:

- Ongelman muotoilu siten, että sen ratkaiseminen antaa mahdollisuuden tietokoneen ja muiden työvälineiden käyttöön.
- Datat looginen organisointi ja analysointi.
- Datat abstrahointi sekä esittäminen mallien ja simulaatioiden avulla.
- Ratkaisuiden automatisointi algoritmisen ajattelun avulla.

- Mahdollisten ratkaisuiden identifiointi, analysointi ja toteuttaminen siten, että saavutetaan tehokkain yhdistelmä vaiheita ja resursseja.
- Ongelmanratkaisuprosessin yleistäminen ja siirtäminen erilaisiin ongelmiin.

(ISTE, 2021)

Laskennallisessa ajattelussa ei ole kysymys siitä, että saadaan ihmiset ajattelemaan kuin tietokoneet vaan pikemminkin taidosta käyttää laajaa skaalaa erilaisia inhimillisen ajattelun työkaluja ratkaistaessa tietojenkäsittelyn avulla monimutkaisia inhimillisiä ongelmia. Laskennallisen ajattelun keskeisiä kohtia ovat:

- 1) Se on keino ratkaista ongelmia ja suunnitella järjestelmiä, joissa käytetään hyväksi tietojenkäsittelytieteelle olennaisia käsitteitä,
- 2) Se tarkoittaa abstraktion eri tasojen luomista ja käyttämistä ja auttaa siten ymmärtämään ja ratkaisemaan ongelmia tehokkaammin,
- 3) Se tarkoittaa algoritmiajattelua ja kykyä soveltaa matemaattisia käsitteitä ja malleja, jotta saavutetaan vaikuttavampia, oikeita ja toimivia ratkaisuja,
- 4) Se tarkoittaa seurauksien laaja-alaista ymmärtämistä, ei pelkästään vaikuttavuuden vaan myös taloudellisuuden ja sosiaalisten näkökohtien perusteella.

(Lu and Fletcher, 2009)

Laskennalliseen ajatteluun kuuluu sellaisia tekniikoita, kuten abstrahointitaito, iterointi, rekursio, ongelman pilkkominen ja synteesi. Laskennallinen ajattelu mallintaa ja vertaa ihmisten ja koneiden kykyjä toisiinsa, jotta tehtäviä voitaisiin sopivasti allokoida niiden välillä. Laskennallinen ajattelu sopii hyvin moniulotteisten ongelmien ratkaisuun eri tieteenaloilla.

Laskennallinen ajattelu mallintaa ja vertaa ihmisen ja koneitten kykyjä toisiinsa, jotta tehtäviä voitaisiin sopivasti allokoida niiden välillä. Laskennallinen ajattelu nähdään selkeästi motivaattorina, joka vie tietokonelaskentaan liittyviä periaatteita eri soveltaville kursseille. Laskennallinen ajattelu sopii hyvin moniulotteisten ongelmien ratkaisuun, kuten digitaaliseen mediaan, visualisointiin ja bioinformatiikkaan.

5.8.3 Mallinnus ja simulointi

Matemaattisella mallintamisella tarkoitetaan ilmiön tai prosessin tutkimista ja sen muuttamista matemaattiseen muotoon. Simuloinnilla pyritään tietokoneen avulla jäljittelemään prosessin tai ilmiön käyttäytymistä matemaattisten yhtälöiden avulla. Mallintamisessa esitetään todellisuuden osan, esimerkiksi tietyn ilmiön tai systeemin esittämistä muulla tavalla kuin sillä itsellään. Reaalimaailman tilanteista tehdään datan tai matemaattisen mallin pohjalta digitaalinen malli, jonka avulla simuloidaan reaalimaailman tilannetta.

Laskentamenetelmien ja tietokoneiden kehityksen myötä simulointimalleista on tullut yhä laajemmin käytetty teknologia tuotesuunnittelusta, tuotantoprosessiin asti. Simulointi tai simulaatio on todellisuuden jäljittelyä. Simulointimallit jaetaan jatkuvatoimisiin (engl. continuous-type) ja tapahtumapohjaisiin (engl. discrete-event) malleihin. Jatkuva-toimisissa simulointimalleissa mallin tilassa tapahtuu jatkuvasti muutoksia ajan suhteen.

Tapahtumapohjaisessa simuloinnissa sitä vastoin muutoksen mallin tilaan aiheuttaa tapahtuma (engl. event).

Simulointimallit koostuvat yksittäisistä laitteista koko järjestelmän tai tuotantoprosessin simulointiin. Usein käytetään myös termejä digitaaliset mallit tai digitaaliset kaksoiset. Digitaalinen kaksonen on koneiden kunnossapitoa ja tuotekehitystä koskeva tarkka virtuaalinen malli, joka raportoi toiminnastaan kerätyn datan perusteella. Jeteconin mukaan:

- Prosessin mallinnus tarkoittaa tarkasti simuloituja työkiertoja niiden oikeilla parametreilla ja kinemaattisilla malleilla.
- Tuotannon simulointi käsittää usein digitaalisen mallin, jossa yhdistyvät resurssit, tuotteet, prosessit, materiaalivirta, ohjauslogistiikka sekä statistiikka.
- Logistiikan simuloinnissa tuotantoketjut sisältävät resurssit, kuten varastot, ajoneuvot, työntekijät, alihankinnan sekä tuoteyksiköt materiaalivirtoineen ja ohjauksineen.
- Robottiikan simuloinnissa kohteena ovat robottiohjelmat ja virtuaaliset liitännät (robottien etäohjelmointi (OLP), valvonta, automaattinen opetus.
- Virtual Commissioning avulla voidaan simuloida ja verifioida koneen tai robotin ja sen kanssa samassa automaatiojärjestelmässä toimivien laitteiden toiminta käyttäen oikeita ohjausjärjestelmiä yhdessä simulaatiomallin kanssa.

Simulointi, animaatio, virtuaalitodellisuus ja laajennettu virtuaalitodellisuus ovat keskeisessä asemassa suunnittelussa, toteutuksessa, järjestelmien ylläpidossa, huollossa ja henkilöstön koulutuksessa.

5.8.4 Digitaalinen kaksonen

Digitaalinen kaksonen (engl. Digital Twin) on koneiden kunnossapitoa ja tuotekehitystä koskeva tarkka virtuaalinen malli, joka raportoi toiminnastaan kerätyn datan perusteella. Keskeistä mallin olemassaolon ja hyödynnettävyyden kannalta on erilaisin tekniikoin kerätty todellinen data, jonka avulla digitaalinen kaksonen voi kerätä reaaliaikaista tietoa fyysisestä vastineestaan ja mukauttaa oman tilansa vastaamaan fyysistä vastinetta. Esineiden internetissä digitaalisella kaksoosella tarkoitetaan palvelimella tai pilvessä olevaa anturin tai sensorin digitaalista vastinetta. Kiinteistö- ja rakennustoimialalla digitaalinen kaksonen tarkoittaa rakennuksen digitaalista vastinetta, jonka tietosisältö määräytyy käytettävän tietomallin (engl. Building Information Modelin, BIM) mukaan. (Wikipedia)

Digitaalisessa kaksoosmaailmassa eri konsepteja ja niiden toimivuutta voidaan testata vaihe vaiheelta todellisen, fyysisen tuotteen tulevassa toimintaympäristössä. Konsepteja vertailemalla voidaan etsiä se oikea ratkaisu, jota edelleen lähdetään tuotekehityksessä viemään eteenpäin kohti lopullista tuotetta. Virtuaalisen mallin ansiosta eri alojen asiantuntijoiden on helpompi osallistua tuotekehitysprosessiin. Yhden ja saman digitaalisen kaksooson ympärillä voivat toimia samanaikaisesti esimerkiksi ohjelmistokehittäjät, mekaniikkasuunnittelijat ja käyttöliittymän kehittäjät. (Aalto, 2021)

Lähteitä

- Aalto Iiro. 2021. Digitaalinen kaksonen mullistaa nyt teollisuuden tuotekehitystä, Etteplan blogi. Haettu 27.4.2021 <https://www.etteplan.com/fi/artikkelit/digitaalinen-kaksonen-mullistaa-nyt-teollisuuden-tuotekehitysta>
- Lehto M., Neittaanmäki P. 2016. Laskennallisten tieteiden tutkimuksen ja koulutuksen kehittäminen. Jyväskylän yliopisto, IT-tiedekunta, tutkimusraportti 22/2016
- Lu James J. and Fletcher George H. L. 2009. Thinking About Computational Thinking, SIGCSE'09, March 3–7, 2009, Chattanooga, Tennessee, USA.
- OKM. 2007. Laskennallisen tieteen kehittäminen Suomessa, Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä, 2007:23.
- Wikipedia
- Wing Jeannette M. 2006. Computational Thinking, Communications of the ACM 49(3), p. 33–35.
- Wing Jeannette M. 2010. Computational Thinking: What and Why? 17 November 2010. <http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>

5.9 Digitalisaatioon liittyvät tietoliikennetekniikat

5.9.1 Kuituverkot

Valokuitu on ohut lasista tai muovista (esim. akryylimuovi) vedetty kuitu, jonka tarkoituksena on johtaa valoa. Valon taajuus on satoja terahertsejä ja tietoliikenteessä moduloidulla LED- tai laservalolla voidaan lähettää tietoa suurella nopeudella. Paksumpaa muovikuitua käytetään myös valonjohteena sisustuksessa. Valokuitu koostuu ytimestä (engl. core) ja sitä ympäröivästä kuoresta (engl. cladding) sekä mekaanista suojaa antavasta pinnoitteesta (engl. coating). Valokuiduista valmistetaan useita kuituja sisältäviä valokaapeleita.

Suomen tietoliikenne perustuu nykyisin valokuidusta rakennettuun runkoverkkoon, joka kuljettaa puhelinkeskusten välistä tietoliikennettä. Tietoliikenne kulkee kiinteässä laajakaistaverkossa loppukäyttäjän modeemiin asti kiinteässä valokuituverkossa tai kiinteiden valokuitu- ja kupariverkkojen yhdistelmässä. (Wikipedia)

Huippunopeat ja toimintavarmat laajakaistayhteydet ovat keskeinen edellytys viestintämarkkinoiden kehittymiselle. Laajakaistasta on tullut välttämättömyshyödyke, jonka merkitys on monelle palvelulle ja liiketoiminnalle lähes kriittinen. Pilvipalveluohjelmistojen käyttö vaatii hyviä tietoliikenneyhteyksiä.

Tietoliikenneverkkokehityksessä tarvitaan erilaisten teknologioiden yhdistelmiä ja jossa taataan laajakaistan yleinen saatavuus (kiinteän ja langattoman tekniikan yhdistelmällä) siten, että liittymänopeuksissa päästään asteittain vähintään arvoon 30 Mbit/s, ja pidemmällä aikavälillä edistetään ultranopeat internetyhteydet (yli 100 Mbit/s) mahdollistavien seuraavan sukupolven liityntäverkkojen (engl. Next Generation Access, NGA) käyttöönottoa. (EU komissio, 2010)

5.9.2 5G-verkot

5G-verkot ovat seuraavan sukupolven mobiiliverkkoja, jotka mahdollistavat aiempaa nopeammat ja luotettavammat yhteydet mobiililaitteille. Lähivuosina mobiiliverkon tyypillinen nopeus nousee nykyisestä noin 100 megabitistä sekunnissa vähintään 1 gigabittiin sekunnissa. Nopeudet siis käytännössä kymmenkertaistuvat nykyisestä. 5G tarkoittaa niin sanottua viidennen sukupolven datayhteyttä mobiilitekniikassa, joka mahdollistaa myös esineiden laajenemisen itseohjautuviin robottiajoneuvoihin, terveydenhuollon automaattisiin valvontalaitteisiin ja edistyneeseen teollisuusautomaatioon. Myös virtuaalitodellisuuden kokeminen älypuhelimien avulla tulee mahdolliseksi 5G:n myötä. (Nurmela, 2021)

Kuluttajien kannalta nopeat 5G-yhteydet tulevat näkymään arjessa esimerkiksi turvallisempina liikenteenä, nopeampana mobiiliverkkona sekä laadukkaampina livestriimeinä. 5G:tä käyttäen on mobiiliyhteyksillä entistä helpompaa katsoa hyvätasoista tv-ohjelmaa ja teräviä 4096 × 2160 pikselin 4K-videoita. 5G:n hyödyt ovat vielä merkittä-

vämmät teollisuuskäytössä, sillä uusi verkkoteknologia mahdollistaa lukuisten antureiden samanaikaisen liittämisen nopeaan mobiiliverkkoon, jossa on alle yhden millisekunnin viive. Yleisesti ottaen teknologia mahdollistaa älykkäämmän ja yhtenäisemmän elinympäristön. (Nurmela, 2021)

5G-verkon ominaisuudet mahdollistavat täysin uusia käyttötapauksia uuden sukupolven teknologioille, joiden tärkeimmiksi käyttökohteiksi ITU-R (International Telecommunication Union, Radiocommunications Sector) on määritellyt kolme käyttökohdetta: eMBB, uRLLC ja mMTC.

- **eMBB** (Enhanced Mobile Broadband) - 5G mahdollistaa erittäin nopeat, jopa 10 Gbit/s yhteysnopeudet ja suuremman kapasiteetin mobiiliverkon yli. Tämä tarkoittaa, että ensimmäistä kertaa langattomat teknologiat tarjoavat vaihtoehdon kiinteille yhteyksille.
- **uRLLC** (Ultra-Reliable Low-Latency Communications) 5G teknologian myötä langattomien verkkojen luotettavuus kasvaa merkittävästi ja niissä esiintyvä viive laskee tasolle, joka pystyy kilpailemaan jopa valokuidun kanssa. 5G on ensimmäinen langaton teknologia, joka pystyy tarjoamaan luotettavat ja matalaviiveiset yhteydet.
- **mMTC** (Massive Machine Type Communications) - 5G-verkkoteknologia mahdollistaa, että samassa solussa voidaan liittää moninkertaisen määrän laitteita verkkoon. Solun kylläisyyden kasvaminen mahdollistaa mIoT (massive internet of things) toteuttamisen 5G teknologialla.

(Väylä, 2019)

Maailman ensimmäiset kaupalliset 5G-tukiasemat pystytettiin kesäkuussa 2018 Tampereen rautatieasemalle sekä Tampereen keskusvirastotalon ja Elisan konttorin katoille. Syksyllä 2018 alettiin lähettää 3,4–3,8 gigahertsin mikroaaltosäteilyä koeluontoisesti muun muassa Espoon Otaniemessä, Helsingin keskustassa, Helsinki-Vantaan lentoasemalla, Oulun Ruskossa ja Vantaan Tikkurilassa. Ylen ohjelmia lähettävä Digita alkoi testata pääkaupunkiseudulla keväällä 2019 korkeista HPHT-mastoista (engl. High Power High Tower) lähetettäviä suuritehoisia eMBMS-televisiolähetyksiä.

Tammikuussa 2019 DNA avasi 5G-verkon Helsingin ydinkeskustaan. Verkkoa laajennetaan, kun 5G:ta tukevia päätelaitteita on yleisesti markkinoilla. DNA:lla pilotoi myös kiinteän 5G:n (Fixed Wireless Access -tekniikan) käyttöä Vantaalla. Turun Kupittaa ja yliopiston alueelle rakennettiin kevään 2019 aikana pohjoismaiden laajin 5G-verkko, jonka kantoalueella asuu aluksi noin kolmannes turkulaisista. Hanke on osa Turun kaupungin ja Elisan kolmivuotista yhteishanketta, jossa on tarkoitus muun muassa kokeilla etäohjattavia robottibusseja sekä ottaa 5G käyttöön Turun kaupungin tietohallinnossa. Myös Tampereelle ja Jyväskylään on rakennettu 5G-verkkoja. Elisa julkaisi kartat 5G-peittoalueistaan toukokuun 2019 lopussa. Kesäkuussa 2020 Elisa ilmoitti 5G-verkkonsa alueella asuvan yli miljoona suomalaista. DNA ilmoitti ylittäneensä miljoonan suomalaisen rajan syyskuussa.

5.9.3 6G-verkot

Samsung esitteli vuonna 2020 suunnitelmiaan tulevaisuuden 6G verkon suhteen ja tarkoituksena olisi, että verkkoa voitaisiin päästä käyttämään jo vuonna 2028. 6G-verkon olisi tarkoitus ylittää 1000 gigabitin sekuntinopeuteen, jolloin se olisi jopa 50 kertaa 5G-verkkoa nopeampi ja viive olisi myös moninkertaisesti pienempi. Samsungin visioissa 6G mahdollistaisi tarkkojen virtuaaliympäristöjen ja hologrammigrafiikan suoratoiston. Kehittyneiden sensoreiden, tekoälyn ja viestintäteknologian avulla niin esineistä kuin ihmisistäkin voitaisiin tehdä tarkkoja jäljennöksiä virtuaalimaailmoissa. Samsungin mukaan nopeaa tiedonsiirtoa tarvitaan, sillä maailmassa on vuoteen 2030 mennessä arviolta 500 miljardia internetiin yhteydessä olevaa laitetta. (Isokivi, 2020)

Oulun yliopistossa kehitetty oma 5G/6G-testiverkko yhdistää tulevaisuuden langattomien tekniikoiden kehityksen uusiin liiketoimintamalleihin sekä uusiin sääntelyehdotuksiin ja mahdollistaa näin täysin uusien sovellus- ja palvelukonseptien luomisen ja kokeilut. Professori Ari Poutun johtama 5GTN-tiimi hoitaa verkkoa, joka on rakennettu 6G Flagshipissa kumppanina alusta asti olleen Nokian tarjoamille pääkomponenteille. Tiimin hallinnoitavana on 4G- ja 5G radiolaitteiden sekä verkon kontrollijärjestelmän lisäksi yli 1 000 erillistä SIM-korttia, 2 500 anturia, yksi maailman suurimmista sisäpaikannusjärjestelmistä, laskentaresursseja sekä huipputeknisiä mittauslaitteita, jotka ovat käytettävissä tutkimukseen, kokeiluihin, esityksiin ja koulutukseen. Yhteistyökumppaneille tämä kaikki on mahdollista ilmaiseksi. (Oulun yliopisto, 2020)

Tutkimusalustana 5GTN soveltuu erityisen hyvin vertikaalimarkkinoiden tutkimiseen, mikä näyttää tietä tulevaisuuden langattomien verkkojen kehitykselle sekä tekniikan että sovellusominaisuuksien näkökulmasta. ”Korostamme pilotointia ja testausta eri vertikaalimarkkinoilla”, Ari Pouttu kertoo. ”Nykyiset fokusalueemme ovat teollisuus ja valmistus, satamat ja logistiikka sekä sairaalat ja terveydenhoito. Olemme laajentamassa voimavarojamme myös autoihin ja liikenteeseen, joihin tutkijayhteisön kiinnostus yhä useammin kohdistuu. (Oulun yliopisto, 2020)

Viimeisimmät laitteistohankinnat puolestaan tukevat 5GTN:n pilvipohjaista radioarkkitehtuuritutkimusta, useiden radiorajapintojen integrointia ja radiopaikannusta sekä sisä- että ulkotiloissa sekä kokonaan 5G-tasosta erillisrunkoverkkoa, mikä tehostaa 5GTN:ää ihanteellisena avoimena ympäristönä päästä päähän -järjestelmien testausselle. ”Haluamme tarjota maailmanlaajuisille tutkimuskumppaneillemme joustavan ympäristön kansainvälisiin testitapauksiin, jotka kattavat maailmanlaajuisia käyttötapauksia”, Pouttu toteaa. (Oulun yliopisto, 2020)

Yrityksille 5GTN on helppokäyttöinen integrointikehys, jossa ne voivat kehittää ja testata teknologia- ja palveluratkaisuja ja lisätä asiantuntemustaan uusien konseptien kehittämisessä, mallintamisessa ja validoinnissa. Testiverkko tehostaa sellaisten haastavien konseptien tutkimusta, joita ei ennen ole ajateltukaan, ja alentaa innovointikyynnystä ja -kustannuksia. Erityisesti startupit sekä pienet ja keskisuuret yritykset hyötyvät ilmaisivaihtoehdosta. Jos käyttäjä tarvitsee lisäapua tai asiantuntijatukea kokeilujen suorittamiseen, korvauksesta päätetään tapauskohtaisesti. Alusta muodostaa luonnollisesti myös erinomaisen alustan mille tahansa tutkimusyhteistyölle. (Oulun yliopisto, 2020)

Suunnitelmat 5GTN:n kehittämiseksi 6GTN:n suuntaan määritettiin vuonna 2018, ja kehitys on alkanut täydellä nopeudella julkisen infrastruktuurin rahoituksen ja johtavan teollisuusyhteistyön ansiosta. Pouttu vahvistaa tiekartan sisältävän useita kriittisiä vaiheita alkaen 6G-tyyppisten, terahertsialuetta käyttävien konseptilaitteiden lisäämisestä verkkoon. Virtualisoinnin ja pilvitekniikan täysimittainen käyttö sisältyy tulevan 6GTN:n lähitulevaisuuden tavoitteisiin. Tämän tuloksena verkosta tulee erittäin turvallinen ja elastinen, sillä QoS-tekniikka ja palveluiden skaalattavat resurssivarannot on suunniteltu mahdollistamaan palveluiden hyvä käytettävyys, suuri kaistanleveys ja pieni latenssi. (Oulun yliopisto, 2020)

Avoimuudessaan ainutlaatuisen 5GTN:n avulla voi käyttää useita rajapintoja edistyksekkäissä radioliityntäverkoissa (engl. Radio Access Network, RAN) SDN-tekniikalla (engl. Software Radio Network) ohjatussa pilvipohjaisessa virtuaalirunkoverkossa ja siihen liittyvässä sovellusten palvelurunkoverkossa. Se tarjoaa useita rinnakkaisia 3GPP:n RAN-tekniikoita, joita ovat NB-IoT, LTE-M, 4G-LTE, 5G NR-makrot sekä 5G-konseptilaitteet (PoC) millimetriaalloilla (26–28 GHz). Viime aikoina arkkitehtuuriin on lisätty 300 GHz:n radiotekniikka, joka tukee IEEE 802.15.3d -standardia. Alustaan on integroitu myös muita kuin 3GPP:n RAN-tekniikoita, kuten Wi-Fi, Bluetooth ja LoRa. Myös OAI (engl. Open Air Interface) -ominaisuudella varustetut laitteet ja ohjelmistot ovat 5GTN:n olennainen osa. Samaan aikaan käytettävissä on normaalien älypuhelimien lisäksi esikaupallisia ei-puhelinkeskeisiä loppukäyttäjien laitteita, muisti- ja verkkolaitteita sekä tukea käsittelytarpeisiin, joita syntyy vertikaalisissa yrityksissä etenkin mobiiliin reunalaskentaan, IoT-palveluihin ja antureiden hallintaan liittyen. (Oulun yliopisto, 2020)

5.9.4 Satelliittitekniologia

Satelliittitietoliikennettä 60 vuotta

Ensimmäinen televisiolähetysväylä välittänyt tietoliikennesatelliitti Telstar laukaistiin kiertoradalle Cape Canaveralin avaruuskeskuksesta 10. 7. 1962 mahdollistaen televisiolähetykset.

Nykyisin satelliittilaajakaista tarjoaa tietoliikennesatelliittien kautta luotua internetyhteyttä. Satelliittiyhteyksien viive on hyvin pitkä verrattuna maanpäällisiin yhteyksiin ja se vaihtelee ja yhteys voi katkeilla. Tämä johtuu siitä, että järjestelmien käyttämät tietoliikennesatelliitit lentävät 36 000 km maan pinnan yläpuolella ekvaattorin tasossa. Tavallisen vastaanottoaseman mahdollinen lähetysnopeus on paljon pienempi kuin vastaanottonopeus. Lisäksi virheiden todennäköisyys on suurempi. Nykyään Maata kiertää arviolta 3 000 toimivaa tietoliikennesatelliittia.

Tavallisen matkapuhelintekniikan rinnalle on noussut satelliittipuhelintekniikka, jolla on maapallon täysi kattavuus ja siis takaa verkon syrjäseuduille, merialueille ja muualle minne GSM-verkot eivät vielä yllä. Satelliittipuhelimet mahdollistavat internet- ja puhelin yhteydet myös niille alueille, joilla internetyhteydet ovat harvinaisia. Matkapuhelinverkkojen peitto on vain noin 15 % maapallon maa-alueista. Satelliittipuhelimien käyttäjiä ovat laivat, retkeilijät, veneilijät, lentäjät, teollisuus ja myös syrjäseuduilla asuvat. Satelliittipuhelimet ovat kalliita, koska valmistusmäärät ovat pieniä ja standardit ovat

suljettuja eivätkä yhteensopivia eri operaattoreilla. Satelliitinpuhelimella soittaminen ei ole enää kallista.

Satelliittiverkko on toteutettu yleensä kolmijakoisesti: avaruusosasta, maa-aseamista ja liikkuvista asemista eli puhelimista. Avaruusosan satelliitit kommunikoivat keskenään ja maa-asemiin radiosignaaleilla. Puhelimen ja satelliitin välimatkan ongelmana on voimakas vaimennus. Luotettava yhteys vaatii esteettömän näköyhteyden satelliitin ja puhelimen välille.

Satelliittipuhelinverkot käyttävät matalalla kiertäviä LEO-satelliitteja (Low Earth Orbit) (Iridium, Globalstar) tai geostationaarisia satelliitteja (Thurya, Inmarsat). LEO-satelliitit tukevat suurta käyttäjämäärää, mutta järjestelmä on erittäin kallis. Mitä lähemmäs puhelin lähettää signaalia, sitä pienempää lähetystehoja tarvitaan ja sitä pienempi on signaaliviive. Geostationaarisia satelliitteja käyttävät järjestelmät vaativat täydellisen näkyvyyden satelliittiin, kun taas LEO-satelliitteja käyttävät järjestelmät sietävät esimerkiksi puiden aiheuttamia esteitä.

Satelliittitietoliikenteen tuleva murros

Elon Muskin avaruusyhtiö SpaceX on laukaissut jo yli 300 Starlink-satelliittia avaruuteen. Yhtiö aikoo lähettää niitä muutaman vuoden kuluessa jopa 12 000. Starlink-järjestelmän tehtävänä on tarjota nopea internetyhteys kaikkialle maapallolla. Useat muutkin yhtiöt (kuten Amazon ja OneWeb) suunnittelevat vastaavia verkostoja maapallon ympärille.

Näitä megakonstellaatioita eli megaluokan satelliittirakennelmia suunnittelee 18 eri yhtiötä ja yhteiskonsortiota. Niiden suunnitelmissa on alkuvaiheessa noin 26 000 satelliitin laukaisu seuraavan noin vuosikymmenen kuluessa. Lopulta satelliitteja voi olla yli 50 000.

Starlink-satelliitteja laukaistaan massoittain. Joka kerralla taivaalle rahdataan 60 satelliittia. Starlink-satelliitit ovat kohtalaisen pieniä tietoliikennesatelliitteja, joiden tehtävänä on saada puolelle planeettaamme ulottuva nopea tietoverkko. Tulevaisuudessa voitaisiin olla yhteydessä Internetiin megakonstellaation kautta mistä vain, milloin vain, edullisesti ja yksinkertaisesti.

SpaceX:n Starlinkissä ensimmäisen vaiheen 1584 satelliittia laukaistaan 72 erilaiselle 550 kilometrin korkeudessa olevalle radalle siten, että kullakin radalla on 22 satelliittia ja radat muodostavat tiiviin verkoston maapallon ympärille. Satelliitteja olisi koko ajan näkyvissä kaikkialla muualla kuin napa-alueilla. Starlink-satelliitit ovat massaltaan noin 250 kg ja kooltaan noin 2 x 1 x 0,3 metriä. Litteät satelliitit on helppo lähettää päällekkäin pinottuna avaruuteen. Lisäksi satelliiteissa on pitkä aurinkopaneeli, joka avautuu vasta kiertoradalla.

OneWeb on toinen jo rakenteilla olevista megakonstellaatioista. Siinä satelliitteja on 650, mutta silläkin on tarkoitus kattaa koko maapallo Internetiyhteydellä. Seuraavaksi satelliitteja sijoitettaisiin eri korkeuksillekin siten, että ratojen korkeudet ovat välillä 335–1325 kilometriä. Lopulta satelliitteja saattaisi olla kenties jopa 42 000.

Lähteet

- EU Commission. 2010. Europe 2020, A strategy for smart, sustainable and inclusive growth, COM(2010) 2020 final, Brussels, 3.3.2010
- Isokivi, T. 2020. Samsung ideoi jo 6G -verkkoa – Tulossa vuonna 2028? Saatavilla 11.1.2021 <https://www.stara.fi/2020/07/17/samsung-ideoi-jo-6g-verkkoa-tulossa-vuonna-2028>
- Nurmela, J. Mikä on 5G? Kokosimme kaiken tarpeellisen uudesta teknologiasta. Saatavilla 10.1.2021 <https://global.techradar.com/fi-fi/news/5g-verkot>
- Oulun yliopisto. 2020. Oma 5G/6G-testiverkko pitää oululaiset tutkijat kehityksen kärjessä. Saatavilla 11.1.2021 <https://www oulu.fi/yliopisto/uutiset/5g-6g-testi-verkko>
- Väylä. 2019. 5G Väyläviraston Toiminnassa: Väylävirasto nopeiden tietoliikenneyhteyksien hyödyntäjänä ja mahdollistajana. Väyläviraston julkaisu 52/2019.

5.10 Kehityksen huomioon ottaminen

Taulukossa 3 on esitetty digitalisaation eri alojen keskeinen vaikutus Suomeen ja millaisia toimenpiteitä tarvitaan esitettyjen haasteiden ratkaisemiseksi.

TAULUKKO 3 Kansallinen kehittäminen digitalisaation näkökulmasta

Digitalisaatio-ala	Vaikutus Suomeen	Tarvittavat toimenpiteet
Massadata ja tietoa	Päätöksenteon tueksi tarvitaan nopeasti ja laadukasta tietoa.	Kehitetään geneerinen tietoaalasarkkitehtuuri, jonka avulla voidaan koota yhteen laaja-alaisesti eri toimialojen tuottama data. Tietoaalasta dataa voidaan keskitetysti siirtää tietovarastoihin jatko-prosessointia ja analytiikkatoimintoja sekä tekoälypohjaisia sovelluksia varten. Samalla tulee vahvistaa Big data tutkimusta ja opetusta.
Tekoälysovellukset ja tekoälypohjaiset datankäsittelytekniikat	Tekoäly mahdollistaa suurten datamäärien varastoinnin sekä prosessoinnin älykkäällä tavalla ja se nimenomaan muuntaa relevanttia informaatiota funktionaalisiksi työkaluiksi.	Suomessa tulee lisätä tekoälyn ja sen sovellusten tutkimusta ja opetusta sekä alan yritysten toimintaedellytysten luomista ja vahvistamista. Riittäväillä panostuksilla on Suomeen luotavissa alan vahva osaamiskeskittymä, jossa hyödynnetään alan johtavien kansainvälisten yritysten osaamista.
Esineiden Internet (IoT) ja sensorinen data	Esineiden internetin avulla voidaan toteuttaa mm. automaatiota kotona, valmistaa kuluttajapalveluita. Sitä voidaan hyödyntää sairaalaympäristössä, avustetussa asumisessa ja kunnissa. IoT-tekniikkaa on hyödynnetty mm. KIRA-alalla, kuljetuksessa, maataloudessa, älykkäissä kaupungeissa, prosessiautomaatiossa, ja turvallisuudessa.	IoT luo aivan uusia toimintaympäristöjä, joissa erilaisia palveluita voidaan tuottaa. Sensoriteknologian kehittyminen yhdessä satelliittipaikannuksen ja 5G-tiedonsiirron kanssa antavat aivan uusia mahdollisuuksia palveluiden tuottamiseen. Suomessa tulee lisätä alan tutkimusta vahvistaa alan yritysten toimintaa tällä sektorilla, jotta voidaan tuottaa tietoa, laitteita, palveluita ja ratkaisuja eri yritysten käyttöön.

Digitalisaatio-ala	Vaikutus Suomeen	Tarvittavat toimenpiteet
Lohkoketjut ja äly-sopimukset	Äly-sopimukset perustuvat lohkoketjuteknologiaan. Se mahdollistaa digitaalisen arvon siirron ja sitä voi aineellisen tai aineettoman omaisuuden rekisteröinnissä, inventoinnissa ja vaihdossa. Lohkoketjuun säilötty tieto voi olla mm. kiinteistö, tekijänoikeus, patentti, tai terveys-tieto.	Äly-sopimuksilla ja lohkoketjuteknologialla voidaan luoda turvallisia tiedonsiirto- ja tallennusratkaisuja. Suomessa tulee lisätä alan tutkimusta ja pilotoida mm. lohkoketjuteknologiaan perustuva tiedonsiirto ja tallennusratkaisu valitulle julkisen hallinnon palvelulle.
Robotti, robotiikka ja robotisaa-tio	Teollisuusrobottien ja palvelurobottien käyttö tulee kasvamaan monilla eri aloilla. Robotiikalla on tehostettu toimintoja ja aikaan saatu säästöjä. Tätä kehitystä voidaan hyödyntää myös Keski-Suomessa	Erityisesti sairaaloissa on voitu robotiikalla tehostaa toimintoja. Suomessa käytetään vielä vähän kognitiivisia ja älykkäitä robotteja. Suomessa tulee lisätä alan tutkimusta ja opetusta sekä toteuttaa mm. pilot-hanke, jossa testattaisiin älykstä robotiikkaa sairaalan valitussa toimintaympäristössä.
Digitaalisen toimintaympäristön kyberturvallisuus	<p>Digitalisoitua toimintaympäristö lisää kyberhyökkäyksiä yksilöitä, yrityksiä ja julkista hallintoa sekä kriittistä infrastruktuuria kohtaan.</p> <p>Nykyisin kaikki organisaatiot voivat joutua kyberhyökkäysten kohteeksi ja altistua tietomurroille ja infrastruktuurin lamauttamiselle.</p> <p>Suomen suhteellinen asema hyvänä kyberturvallisuusmaana on heikentynyt vuodesta 2012 lähtien. Erilaisilla kansainvälisillä indekseillä mitattuna maamme asema suhteessa muihin on alentunut. Euroopassa olemme pudonneet kärki viisikosta kärkikymmenikköön ja globaalissa vertailussa kärkikymmeniköstä kahdenkymmenen joukkoon.</p>	<p>Kyberturvallisuuden toteuttamiseksi tarvitaan toimenpiteitä, joilla suojaudutaan kyberhyökkäyksiä ja niiden vaikutuksia vastaan sekä toteutetaan tarvittavia vastatoimenpiteitä.</p> <p>Keski-Suomi on maan johtava kyberturvallisuuden tutkimuksen, opetuksen ja harjoitustoiminnan keskus. Tätä tulee edelleen vahvistaa ja kehittää kansallista kyberturvallisuuden ekosysteemiä.</p> <p>Vuoden 2019 Suomen kyberturvallisuusstrategian kehittämisohjelmalle tulee osoittaa riittävät resurssit.</p>

Digitalisaatio-ala	Vaikutus Suomeen	Tarvittavat toimenpiteet
Digitaaliset palvelualustat	<p>Alustataloudessa kaikki sidosryhmät (tuottajat, jakelijat, kuluttajat jne.) kytkeytyvät digitaalisen alustan kautta toisiinsa.</p> <p>Suomen elinkeinorakenne siirtyy kohti palveluvaltaisempaa rakennetta, jossa alustatalous etenee ja erityisesti isot kansainväliset toimijat valtaavat alaa.</p>	<p>Digitaaliset palvelualustat ovat nykyajan arjen peruspilari, jota tulee vahvistaa Suomessa. Alustatalouden toimintaedellytyksiä tulee vahvistaa osana kansallista ja alueellista elinkeinopolitiikkaa.</p>
Laskennallinen ajattelu simuloinnissa ja mallinnuksessa, digitaaliset kaksoiset	<p>Simulointi, animaatio, virtuaalitodellisuus ja laajennettu virtuaalitodellisuus sekä digitaaliset kaksoiset ovat keskeisessä asemassa suunnittelussa, toteutuksessa, järjestelmien ylläpidossa, huollossa ja henkilöstön koulutuksessa.</p> <p>Erilaiset virtuaaliratkaisut tulevat laajentumaan eri toimialoille Suomessa.</p>	<p>Alan tutkimusta ja opetusta tulee vahvistaa, sillä tämän alan osaajista on suuri puute.</p> <p>Suomessa voidaan kehittää vahvaa alan osaamista yritysten ja palveluntarjoajien tarpeisiin yhdessä akateemisen sektorin ja yritysten kanssa.</p>
Digitalisaatioon liittyvät tietoliikennetekniikat	<p>Huippunopeat ja toimintavarmat laajakaistayhteydet ovat keskeinen edellytys palveluiden ja liiketoiminnan kehittymiselle maakunnassa.</p> <p>Nopean 5G-verkon tavoite on parantaa koko Suomen tietoliikennenopeuksia ja mahdollistaa esimerkiksi tehokas etätyö, tiedonsiirto koko Suomessa.</p> <p>Osa Suomen laajakaistahankkeista on edennyt hitaasti ja palvelun hyvä saatavuus ei ulotu koko maan alueelle.</p> <p>Nopeat tietoliikenneyhteydet ovat osa maan kriittistä informaatioinfrastruktuuria, jona kehittämisen johtamisessa julkisella sektorilla on keskeinen rooli.</p>	<p>Valtioneuvoston <i>Laajakaista kaikille</i> -hanke ja sen jatkohanke nopea laajakaista, pyrkivät takaamaan kansalaisille tasa-arvoiset mahdollisuudet liittyä huippunopeaan tietoliikenneyhteyteen riippumatta asuinpaikasta. Hallituksen tulee investoida voimakkaasti hankkeen edistämiseksi.</p> <p>5G/6G teknologia yhdessä laajakaistaverkon kanssa muodostavat valtakunnallisen tietoverkon, jossa voidaan tuottaa palveluita kansalaisille, yrityksille ja julkisille toimijoille. Tämä edellyttää julkisia investointeja.</p> <p>Suomessa tulee vahvistaa alan tutkimusta ja opetusta, jotta alan toimijoille voidaan tarjota määrällisesti ja laadullisesti sopivia huippuosaajia.</p> <p>Avaruusteknologian osalta Suomen tulee tehdä vahvaa yhteistyötä kansallisella ja kansainvälisellä tasolla, jotta maahan saadaan tarvittavaa osaamista myös tältä alalta sekä mahdollisuutta olla mukana avaruusteknologian kehityksessä.</p>

6 DIGITAALINEN TEKOÄLYTUETTU SOSIAALI- JA TERVEYDENHUOLTO

“It's time to move from reactive sick-care to proactive healthcare by default.”

- Koen Kas, Healthcare futurist & Delight thinker.

SOTE-digitalisaatiolla tarkoitetaan sitä, miten sosiaali- ja terveydenhuollon palveluissa käytetään tietojärjestelmiä, informaatio- ja kommunikaatioteknologiaa ja sähköistä tiedonhallintaa. Sähköisten palveluiden käyttö on osa SOTE-digitalisaatiota. Palvelujärjestelmän vaikuttavuutta ja tehokkuutta lisätään sähköisen tiedonhallinnan ratkaisujen avulla. (STM, 2014)

6.1 Digitalisaatio terveyden edistämässä

Karoliina Kaasalainen⁷

6.1.1 Johdanto

Digitalisaatio, eli tietojärjestelmien, informaatioteknologian ja sähköisten sovellusten käyttö osana palveluita ja tiedonhallintaa, on arkipäiväistynyt sosiaali- ja terveydenhuollon toiminnassa (STM 2014; Kyytsönen ym. 2021). Suomessa vuonna 2020 alkanut COVID-19 pandemia toi lähes kymmenen prosenttiyksikön lisäyksen etäasiointiin (Kyytsönen ym. 2021). Lisäys ei kuitenkaan olisi ollut mahdollista ilman pitkään jatkunutta kehitystyötä (Saranto ym. 2020a). Vuonna 2016 julkaistiin Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön linjaus, jonka mukaan terveydenhuollon digitalisaation tavoitteena on kansalaisten hyvinvoinnin ja terveyden edistäminen, ammattilaisten laadukkaasti työn tukeminen sekä tehokkaasti palvelujärjestelmän kehittäminen (STM 2016). Strategia on linjannut tavoitteet uudistuksille, mutta kehitystyötä tarvitaan edelleen (Seppälä & Puranen 2019).

Kansalaisille digitalisaatio voi näyttäytyä mahdollisuutena etsiä internetistä tietoa terveydestä ja sairauksista, vertailla palveluja, tehdä ajanvarauksia, tallentaa omia terveys- ja hyvinvointitietoja tai keskustella ammattilaisten kanssa eri viestintäkanavien kautta (STM 2016; Saranto ym. 2020a; Vehko ym. 2020). Toisaalta digitalisaatio voi tarkoittaa hankaluuksia palvelujen käytössä, puutteellista vuorovaikutusta, väärinymmärryksiä, virheellisten johtopäätösten tekemistä tai oman yksityisyyden menettämistä. Vaikka suomalaisista aikuisikäisistä enemmistöllä (98 %) on pääsy internetiin ja sähköisiin terveyspalveluihin, ei digitaalisten palveluiden käyttö ole mahdollista kaikille. Esimerkiksi vieraskielisistä sähköisen tunnistautumisen mahdollisuus on merkittävästi harvemmalla (88 %) kuin äidinkielenään suomea puhuvilla (Vehko ym. 2020).

⁷ Karoliina Kaasalainen, yliopistonopettaja, Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellinen tiedekunta.

Ammattilaisen näkökulmasta digitalisaation vaikutukset työhön ovat olleet kaksijakoisia. Toimimattomat tietojärjestelmät ovat yksi merkittävä työn kuormittavuutta lisäävä tekijä. Vuonna 2017 lääkäreistä yli puolet (55%) arvioi tietojärjestelmien toiminnan vaativan parannusta, ja luku on kasvanut edellisistä seurantavuosista (Hyppänen ym. 2018). Samoin vuonna 2020 tehdyn kyselyn mukaan sairaanhoitajista puolet koki tietojärjestelmien toiminnan ongelmaksi, kun vuonna 2017 vastaavan arvion antoi reilu kolmasosa (36 %) (Saranto ym. 2020a). Tulokset osoittavat, että toivomuksen ja lupaukset helppokäyttöisistä, työn sujuvuudesta ja palveluiden laatua tukevista järjestelmistä eivät monilta osin vielä toteudu. Toisaalta myönteistäkin kehitystä on tapahtunut, sillä esimerkiksi kokemus siitä, että tietojärjestelmät tukevat hoidon jatkuvuutta ja ammattilaisten välistä yhteistyötä, on seurantavuosien aikana hieman parantunut (Hyppönen ym. 2018; Saranto 2020a).

Teknologian sulautuminen kaikkialle yhteiskuntaan on yksi 2010-luvun megatrendeistä (Dufva 2020; Rotkirch & Tammissalo 2020). Digitalisaatio heijastuu myös hyvinvointiin. OECD:n (2020) määritelmän mukaan hyvinvointi sisältää psyykkisen, fyysisen, sosiaalisen, henkisen, taloudellisen ja ekologisen ulottuvuuden (OECD 2020). Hyvinvoinnilla tarkoitetaan yleisesti yksilön kokemusta hyvästä elämästä ja kyvystä toimia tarkoituksenmukaisesti suhteessa omiin arvoihin, tavoitteisiin, odotuksiin ja kulttuurisiin normeihin (Smith ym. 2006). Yhteiskunnan muuttuessa myös hyvinvoinnin normit elävät. Esimerkiksi sosiaalisen median ilmiöt ja kuvankäsittelyteknologian kehitys saattavat muuttaa ajattelua tavoiteltavasta ihmiskuvasta (mm. McLean ym. 2019). Puettavan teknologian yleistyminen on tehnyt hyvinvoinnin mittaamisesta ja optimoinnista arjessa yleisempää (Lupton 2017; Grenman 2019). Teknologia on läsnä kaikkialla arjessa, joten digitalisaation hyvinvointi- ja terveysvaikutuksia arvioitaessa ei riitä, että tarkastellaan digitalisaatiota vain osana terveydenhuollon palvelujen toimintaa tai taloudellisen kasvun ja tuottavuuden näkökulmasta.

Vuonna 2020 julkaistussa kannanotossa nostetaan esille termi ”digihyvinvointi”, joka määritellään sosiaalisena, fyysisenä ja psyykkisenä hyvinvointina digitaalisten laitteiden ja palveluiden sisältämässä arjessa (Rotkirch & Tammissalo 2020). Keskustelussa esille on noussut myös käsite ”digiosallisuus”, jolla tarkoitetaan osallistumista yhteiskunnan toimintaan digitaalisten välineiden, sovellusten ja palveluiden kautta (Hänninen ym. 2021). Digiosallisuus ja hyvinvointi ovat yhteydessä toisiinsa, sillä osallisuus on yksi hyvinvoinnin osatekijä. Digitaalisuus voi yhdistää ja lisätä osallisuuden edellytyksiä, mutta digihyvinvointia käsittelevä kannanotto korostaa myös digitaalisen teknologian suunnittelussa vastuullisuutta, jotta hyvää arkea voisi elää myös ilman teknologiaa (Rotkirch & Tammissalo 2020). Koska digitaaliset verkostot, ekosysteemit ja teknologiat muuttuvat ja kehittyvät jatkuvasti, kehityksen suuntaamisessa olisi tärkeää pyrkiä tunnistamaan todennäköisiä hyvinvointivaikutuksia mahdollisimman laajasti (Dufva 2020). Ennakoinnissa ja kehittämisessä teknologia voi olla osa ratkaisua.

Sosiaali- ja terveydenhuollon digitalisaatiosta on kirjoitettu kattavasti jo monissa aikaisemmissa julkaisuissa (mm. Hyppönen & Ilmarinen 2016; Saranto ym. 2020b). Vaikka hyvinvoinnin ja terveyden edistäminen mainitaan esimerkiksi digitalisaatiolinjauksissa ja tiedonhallinnan kehittämisstrategioissa (STM 2014; STM 2016), hyvinvoinnin ja tervey-

den edistämisen suhdetta digitalisaatioon on pohdittu vähemmän. Tämä artikkeli keskittyy tarkastelemaan digitalisaatiota erityisesti terveyden edistämisen näkökulmasta tuoden esille ristiriitoja ja mahdollisuuksia, joita liittyy terveyden edistämiseen digitaalisuudessa yhteiskunnassa.

6.1.2 Terveyden edistäminen digitaalisessa ympäristössä

Terveyden edistämisen päämäärät

Terveyden edistämisen tavoitteena on tukea yksilöiden ja yhteisöjen hyvinvointia terveyskasvatuksen, ympäristöjen muokkaamisen ja politiikkaan vaikuttamisen keinoin (Green ym. 2019, 21-23). Keskeisiä terveyden edistämisen toimintaa ohjaavia periaatteita ovat yksilöiden autonomian kunnioittaminen, voimavarojen vahvistaminen, terveyden tasa-arvo, sosiaalinen oikeudenmukaisuus, osallisuus sekä kestävä kehitys. Terveyden edistäminen kattaa kaikki yhteiskunnan alat, joista terveydenhuolto on vain yksi osa. Koska tavoitteena on terveyden edistäminen, ensisijaista on vaikuttaa hyvinvointiin muilla yhteiskunnan alueilla, kuten kouluissa, työpaikoilla, harrastuksissa ja asuinympäristöissä (Green ym. 2019).

Digitaalinen ekosysteemi rakentuu muun muassa virtuaalisista yhteisöistä, laitteista, sovelluksista ja alustoista, tietojärjestelmistä ja tietokannoista sekä verkkoon kytketyistä esineistä. Tämä ekosysteemi voidaan nähdä terveyden edistämiseksi yhtenä uutena toimintaympäristönä, mutta se voidaan myös liittää osaksi aikaisemmin tunnistettuja toimintaympäristöjä (O’Neil 2019, 15-20). Terveyden edistämiseksi digitaaliset laitteet ja sovellukset ovat työvälineitä viestintään ja vuorovaikutukseen sekä hyvinvoinnin ja terveydentilan seurantaan. Yksilötasolla käyttäytymisen ja fysiologisten reaktioiden tarkkailu mittareiden ja sovellusten avulla voi toimia terveellisiin valintoihin kannustavana ja hallinnan tunnetta vahvistavana tekijänä (Stiglbauer ym. 2019; Lau ym. 2020). Avoin terveystieto sekä verkkoyhteisöjen ja vertaisryhmien tuki voivat myös tukea terveyttä ja hyvinvointia edistävää käyttäytymistä (mm. O’Neil 2019, 25-27). Pelkkä terveystietoisuuden lisääntyminen väestössä ei riitä, vaan tarvitaan myös terveyttä tukevia rakenteita ja ympäristöjä.

Haasteen terveyden edistämiseksi digitaalisessa ympäristössä tuo se, että digitaalisten laitteiden ääressä vietetyn ajan lisääntyessä, lisääntyvät myös haitat (Rotkirch & Tammisalo 2020). Runsas digitaalisen median käyttö lisää muun muassa todennäköisyyttä riskikäyttäytymiselle, psyykkisille ongelmille, tuki- ja liikuntaelinten vaivoille, unen häiriintymiselle ja hermostollisille oireille (Domoff ym. 2019; Vandendriessche ym. 2019; Vannucci ym. 2020). Tietoverkoissa liikkuva suuri informaation määrä lisää myös todennäköisyyttä altistua terveyteen ja hyvinvointiin liittyville haitallisille viesteille, valeuutisille ja ”humpuukille” (mm. Paakkari & Okan 2020; Schillinger ym. 2020).

Arvioitaessa digitaalisten ratkaisujen vaikutuksia terveyteen ja hyvinvointiin, on tärkeää tunnistaa, mitkä tekijät määrittävät yksilön käyttäytymistä, ja mitä ovat sosiaaliset ja toimintaympäristöstä heijastuvat vaikutukset. Terveyden edistäminen on toimintaa, jossa yksittäisten tekijöiden syy-seuraussuhteita voi olla vaikea erottaa. Voi myös olla vaikea erottaa, mille tasolle kohdennettu toiminta tuottaa suurimmat vaikutukset. Olennaista olisi kuitenkin kohdentaa samaan päämäärään pyrkiviä toimia usealle toimintatasoista (Anoschkin 2019).

Mittaaminen lisääntyy - mutta mitä sitten?

Digitaalista terveyttä ja hyvinvointia on tarkasteltu toistaiseksi pääasiassa yksilötasolla mittaamisen ja monitoroinnin kautta (Lupton 2015; O'Neil 2019, 23-24; Rotkirch & Tammisalo 2020). Yksilöllistettyyn terveyteen liittyy ajatus siitä, että tarjoamalla personoitua tietoa terveydestä ja hyvinvoinnista, reaaliaikaista seurantaa sekä räätälöityjä viestejä ja asiantuntijatietoa, yksilöillä on edellytykset ja halukkuus toimia terveyttä edistävällä tavalla (mm. O'Neil 2019). Uusliberalistisen ajattelun mukaan yksilöllä on vapaus valita, millaisia päätöksiä hän tekee terveytensä edistämiseksi, kunhan hän ei valinnoillaan aiheuta muille haittaa (Lupton 2015; Sihto 2016; Green ym. 2019). Samalla yksilökeskeinen lähestymistapa korostaa jokaisen omaa vastuuta terveydestään (O'Neil 2019, 63). Tämä malli kuitenkin jättää huomioimatta terveyteen vaikuttavat rakenteelliset ja sosioekonomiset tekijät, jotka vaikuttavat yksilöiden mahdollisuuksiin valita (Sihto 2016).

Käyttäytymisen muutostutkimuksista tiedetään, että tieto on vain yksi toimintaa ohjaava tekijä (Haukkala ym. 2012). Käyttäytymiseen vaikuttavat myös asenteet ja odotukset, uskomukset omista kyvyistä sekä toimintaan liittyvät tunnekokemukset. Lisäksi käyttäytymistä määrittävät ympäristön olosuhteet ja rakenteet. Keskeinen terveyden edistämisen tavoite olisi vahvistaa yksilöiden voimavaroja ja taitoja, jotta he mahdollisimman monissa tilanteissa osaisivat ja haluaisivat tehdä terveyttä edistäviä valintoja (Green ym. 2019, 165-178. Tätä ominaisuutta voidaan kutsua terveysosaamiseksi tai terveyden lukutaidoksi, joka tarkoittaa kykyä löytää terveystietoa, arvioida sen luotettavuutta sekä pystyvyyttä ja taitoja toimia terveyttä edistävällä tavalla (Sørensen ym. 2012). Lisäksi terveyden lukutaitoon sisältyy sosiaalinen ja ekologinen vastuullisuus ympäristön hyvinvoinnista (Sørensen ym. 2012). Terveyden lukutaito on keskeinen ominaisuus digitalisoituneessa yhteiskunnassa, jossa muutokset ovat nopeita ja arki sisältää toistuvasti uuden tiedon arviointia ja sopeutumista muuttuviin tilanteisiin (Devlon ym. 2020).

Digitaaliset laitteet ja automaatio ovat muuttaneet voimakkaasti elämäntyyliä ja elinympäristöjä (Dufva 2020). Arjessa kannustimet spontaaneille terveellisille valinnoille, kuten liikunnan harrastamiselle, ovat vähentyneet, ja yhä useammin terveellisen valinnan tekemiselle tarvitaan erikseen toiminnan suunnittelua ja seurantaa. Digitaalisten laitteiden ja sovellusten suhde terveyden edistämiseen on ristiriitainen. Toisaalta niiden ajatellaan voivan auttaa tunnistamaan tilanteita, joissa voisi tehdä terveyttä edistäviä valintoja (Stiglbauer ym. 2019), mutta samalla ne voivat olla yksi merkittävä este esimerkiksi riittävälle liikkumiselle ja nukkumiselle (Stiglig & Viner 2019). Tutkimustietoa digitaalisten laitteiden ja sovellusten vaikutuksista käyttäytymiseen ja hyvinvointiin on vielä verrattain vähän, vaikka käyttäjäkunta laajenee jatkuvasti (Aromatorio ym. 2019; Stiglig & Viner 2019; Attig & Franke 2020; Harjumaa ym. 2020).

Yleisesti oletetaan, että mittaamisen ja itsensä monitoroinnin hyödyt tulevat tietoisuuden lisääntymisen, itsesäätelytaitojen kehittymisen, ärsykeille ehdollistumisen ja motivaatiotekijöiden muutosten kautta (Stiglbauer ym. 2019). Esimerkiksi Aromatorio ym. (2019) katsausartikkelissa kuitenkin todettiin, että tutkimuksissa on yleensä raportoitu niukasti mekanismeista, jotka selittäisivät, miten mobiilisovellusten käyttö vaikuttaa terveystietoisuuteen. Interventioiden sisältöjen kuvaamisen sijaan tutkimukset ovat keskittyneet raportoimaan teknisiä tietoja, kuten lähetettyjen viestien lukumäärää tai

käyttöaktiivisuutta. Myöskään viestien personointiin käytettyjä taustatietoja ei ollut Aromatorion ym. (2019) mukaan yleensä esitetty. Kirjoittajat toteavat, että jatkossa tarvitaan enemmän tutkimusta siitä, kenelle mobiilisovellukset ovat hyödyllisiä ja millaisissa tilanteissa. Digitaalisia sovelluksia ja laitteita ei tulisi nähdä vain teknisinä työkaluina, vaan kiinnittää huomiota myös sovellusten sisältöön ja merkitykseen interventiomenetelminä.

Vaikka sovellusten sisältö on tärkeää, on se toissijaista, mikäli laite tai sovellus ei toimi riittävän hyvin. Tuore narratiivinen katsaus nuorten digitaalisen teknologian käytöstä myös toteaa, että monet lopettavat sovellusten käytön lyhytaikaisen kokeilun jälkeen (Lupton 2021). Erään toisen tutkimuksen mukaan aktiivisuusmittareiden käytön lopettamiselle yleisimpiä syitä ovat olleet datan epätarkkuus tai hyödyttömyys, huolet yksityisyydestä ja tietoturvasta, ongelmat käytettävyydessä, motivaation puute, mittaamisen koetun tarpeen väheneminen sekä tavoitellun tottumuksen omaksuminen (Attig & Franke 2020).

Terveyden estämisen kannalta ole haitaksi, jos henkilö lopettaa mittarien käytön omaksettuaan hyvinvointia tukevat rutiinit. Mittareiden käyttö ei ole itseisarvo, vaan terveyttä tukeva käyttäytyminen. Kaupallisten toimijoiden tavoitteet saattavat kuitenkin erota terveyden edistämisen näkemyksestä, eikä käyttäytymisen muutoksen tukemista ajatella pitkäaikaisena prosessina (Attig & Franke 2020). On tavallista, että sovellusten käyttö loppuu lyhyen kokeilun jälkeen tai sovellus asennetaan, mutta käyttöä ei aloiteta lainkaan (Lupton 2021). Kovin lyhyessä ajassa pysyvään käyttäytymismuutokseen tarvittavia rutiineja ei todennäköisesti ehdi muodostua, etenkin jos kyse on monimutkaisesta käyttäytymiskokonaisuudesta (vrt. lääkeannoksen ottaminen vs. liikunnallisen elämäntavan opettelu). Tutkimukset osoittavat, että käyttäytymismuutosten omaksumiseen tarvitaan useita kuukausia uusien tapojen opettelua ja tietoisien valintojen tekemistä (Greaves ym. 2011; Manchon ym. 2020).

Netti- ja peliriippuvuuden haitat on monin tavoin tunnistettu (Korkeila 2015; Adams ym. 2017; Kosola 2020). Riippuvuus voi kehittyä paitsi teknologian käyttöön myös itsensä monitorointiin ja kontrollointiin (Lupton 2021). Joissakin tutkimuksissa on havaittu, että esimerkiksi tilanne, jossa liikuntamittari ei ole ollut käytettävissä, on tuottanut ahdistuneisuutta ja laskenut motivaatiota liikunnalle (Attig & Franke 2019). Sovellusten ja mittareiden käyttö voi myös voimistaa haitallisia käyttäytymismalleja, kuten häiriintynyttä syömiskäyttäytymistä tai pakonomaista liikuntaa (Lupton 2021). Teknologiaa hyödyntävissä interventioissa sitoutumisen tulisikin aina tapahtua terveyttä edistävään käyttäytymiseen, eikä mittarin käyttöön (Attig & Franke 2020).

6.1.3 Kenen terveyttä digiympäristössä edistetään?

Digitaalisessa ympäristössä liikkuu yhä enemmän dataa, jonka avulla voidaan esimerkiksi personoida viestintää, suostutella ostopäätöksiin, ja jopa manipuloida mielipiteitä tai käyttäytymistä (Lupton 2014; Vänskä & Härkönen 2020). Etenkin suurilla teknologia-yrityksillä on mahdollisuus hyödyntää käyttäjätietojen analysointia ja profilointia markkinoinnin kohdentamiseen, mutta myös pienemmät toimijat tekevät yhteistyötä kol-

mansien osapuolien kanssa (Vänskä & Härkönen 2020). Ihmisten henkilökohtaisesta datasta on tullut kauppatavaraa, josta markkinoijat ja erilaiset vaikuttajatahot kilpailevat. Liikkeellä on yhä enemmän terveysaiheista viestintää, josta läheskään kaikki ei ole terveyttä edistävää viestintää. Terveyden edistämiseksi lisääntyvä henkilökohtaisen hyvinvointitiedon määrä, itsensä mittaaminen ja digitaaliset alustat tuovat uusia mahdollisuuksia. Keskeisiksi kysymyksiksi nousevat kuitenkin tavat käyttää dataa sekä jännitteet yksilön valinnanvapauden ja yleisen edun välillä (Lupton 2015; Green ym. 2019; O’Neil 2019).

Lähtökohtana kaikessa terveyden edistämisen toiminnassa on yksilöiden vapaaehtoisuus ja autonomian kunnioittaminen. Yksilöillä tulisi olla oikeus valita, mihin hänen tietojensa käytetään ja haluaako hän saada niiden pohjalta räätälöityjä ohjeita ja suosituksia (Lupton 2015; Vesnic-Alujevic ym. 2020). Terveyden edistämiseksi voidaan käyttää kohdennettua viestintää, hieman samoin kuin kaupallisessa markkinoinnissa (Green ym. 2019, 431-441; Babtista ym. 2020). Terveyden edistämisen päämääränä ei kuitenkaan ole vain yksittäinen käyttäytymisen muutos tai mittaustulos, vaan hyvinvointi laajemmin (Green ym. 2019, 441-450). Vaikka numeerisesti mitattuna jokainen kansalainen noudattaisi annettuja terveys-suosituksia, tavoitetta ei ole saavutettu, jos hyvinvoinnin muita osa-alueita ei olla otettu huomioon.

Euroopan tietosuojasetus (2016/679) velvoittaa dataa käyttäviä toimijoita kysymään luvat datan keruuseen ja sen käyttämiseen profiloinnissa. Jos käyttäjä tietoisesti hyväksyy tietojensa käytön esimerkiksi harjoitusohjeiden personointiin, ei sovelluksen toiminta ole ristiriidassa terveyden edistämisen periaatteiden kanssa. Sen sijaan, digitaalisten alustojen käyttö tiedonkeruuseen organisaatioiden, hallinnon tai kaupallisten toimijoiden intressien vuoksi, on eettisesti kyseenalaista ja vastoin terveyden edistämisen periaatteita (Lupton 2015). Terveyden edistämisen näkökulmasta on pulmallista, jos viestinnän kohdentamisessa ei olla kiinnostuneita vastapuolen tarpeista, vaan omien päämäärien saavuttamisesta – tai oletetaan, että tiedetään kohderyhmän tarpeet (Green ym. 2019, 36-37). Joissakin tilanteissa ns. ylhäältä-alaspäin suuntautuva, suosittu viestintä, on kuitenkin perusteltua (Green ym. 2019, 40-41). Esimerkiksi terveyden suojelun voidaan katsoa olevan tällainen peruste. Vaikka yksilö ei lähtökohtaisesti kokisi tarvetta saada kohdennettua viestintää, ja toimia suositeltujen käytäntöjen mukaisesti, on hyväksyttävää pyrkiä vaikuttamaan asenteisiin ja käyttäytymiseen, jotta yksilö ei toiminnallaan vahingoittaisi itsensä tai muiden terveyttä.

Digitaalisessa ympäristössä hyvinvoinnin ja terveyden edistäminen herättää kysymyksiä eri intressiryhmien vallasta (Lupton 2015; Rotkirch & Tammisalo 2020). Teknologian kehittyessä pääosin markkinaehtoisesti, herää kysymys kenen terveyttä ja hyvinvointia digitaaliset palvelut edistävät (Lupton 2015). Rotkirch & Tammisalo (2020) nostavat esille teknologian kehittäjien vastuun, jotta teknologia auttaisi ratkomaan hyvinvoinnin ongelmia, eikä tuottaisi niitä lisää. He toteavat, että yksilöillä tulisi olla oikeus hyvään elämään myös ilman digitaalisten laitteiden kyllästävä arkea. Vastaavan huomion esittää myös Lupton (2021) katsauksessaan nuorten digitaalisen teknologian käytöstä. Hän kysyy, onko nuorilla enää edes mahdollisuutta valita, miten he teknologiaa käyttävät, koska kaverit, harrastukset ja opiskelu ovat kaikki kytkeytyneet osaksi digitaalisia järjestelmiä.

Ja jos tekisi valinnan olla käyttämättä suosittuja sovelluksia tai käyttäisi niitä vain valikoiden, tarkoittaisiko tämä syrjäytymistä ja yhteiskunnan ulkopuolelle jäämistä?

Digitaalisen teknologian toivotaan vähentävän väestöryhmien välisiä terveyseroja ja parantavan palveluiden saatavuutta, mutta teknologia voi myös lisätä eriarvoisuutta (O’Neil 2019, 108-109). Digitaalinen eriarvoisuus on edelleen huomattava ongelma, vaikka internetin ja digitaalisten laitteiden käyttö onkin yleistynyt globaalisti (Devlon ym. 2020). Terveyseroihin vaikuttavia mekanismeja ovat esimerkiksi, teknologian saavutettavuus, hinta, käyttötavat, ja tavat tulkita digitalisen ympäristön informaatiota (O’Neil 2019, 108-120; Devlon ym. 2020). Suomessa älypuhelinien käyttö on yleistynyt kaikissa ikäryhmissä, mutta yli 75-vuotiaista internetiä käyttää edelleen vain noin puolet (SVT 2020). Alle 55-vuotiaiden ikäryhmissä internetin käyttöaktiivisuus on lähes 100 prosenttia (SVT 2020). Vaikka kaikilla ole pääsyä sähköisiin palveluihin, on myös todettu, eriarvoisuuteen saattaa vaikuttaa yhä enemmän tapa käyttää teknologiaa kuin saatavuus ja omistaminen itsessään (O’Neil 2019, 108-120). Terveyden eriarvoisuuden taustalla vaikuttavat useat tekijät, joita kutsutaan sosiaalisiksi määrittäjiksi. Näillä tarkoitetaan rakenteita, sosiaalista asemaa, ympäristöä sekä sosiaalisten ryhmien välisiä eroja käyttäytymisessä ja sairauksissa (Sihto 2016). Digitaalinen terveyden lukutaito on myös yksi terveyseroihin kytkeytyvä tekijä, johon liittyvät sekä taidot käyttää digitaalisia laitteita ja sovelluksia että kyvyt etsiä, ymmärtää, arvioida ja soveltaa terveystietoa (Devlon ym. 2020). Samoja tekijöitä sisältyy myös ajatukseen digiosallisuudesta (Hänninen ym. 2021).

Digitalisten terveystalvelujen vaikutuksia arvioineessa tutkimuksessa todetaan, että heikommassa asemassa olevat ovat riskissä jäädä sähköisten palvelujen ulkopuolelle (Heponiemi ym. 2020). Digitaalisen eriarvoisuuden ja terveyserojen kaventamisessa on tärkeä kiinnittää huomiota terveyden lukutaitoon, mutta myös yhteisöjen toimintaan ja rakenteisiin. Yksi keskeinen tasa-arvoa ja sosiaalista oikeudenmukaisuutta edistävä keino on osallisuuden vahvistaminen (South ym. 2019). Osallisuudella tarkoitetaan yleisesti sosiaaliseen toimintaan osallistumista sekä kokemusta yhteisöihin kuulumisesta ja mahdollisuudesta vaikuttaa itseä koskettaviin asioihin. Sosiaalinen media (some) ja digitaaliset alustat saattavat lisätä mahdollisuuksia osallisuudelle esimerkiksi harrastusten, vapaaehtoistyön, vertaistukitoiminnan muodossa. Sosiaalisen median kautta saadut vaikutteet voivat kuitenkin myös eriarvoistaa ja lisätä alttiutta riskikäyttäytymiselle (mm. Schillinger ym. 2020; Vannucci ym. 2020). Yleisesti olisi muistettava, että mahdollisuudet osallistua yhteiskunnan ja yhteisöjen toimintaan, eivät saisi rajautua vain digitaalisiin kanaviin.

6.1.4 Johtaminen ja tiedonhallinta terveyden edistämisessä

Miten hyvinvointia johdetaan?

Hyvinvoinnin ja terveyden edistäminen on lakisääteistä toimintaa, jota johdetaan kunnissa ja alueilla. Terveydenhuoltolaki (1326/2010) velvoittaa kuntia järjestämään sosiaali- ja terveystalvelut, ja kuntalain (410/2015) mukaan kuntien tulee edistää asukkaidensa hyvinvointia ja terveyttä sekä alueen elinvoimaa ja kestäväää kehitystä (THL 2021a). Kunnan tehtävät terveyden edistämisessä jakautuvat usealle osa-alueelle. Kun-

nan on huolehdittava asukkaiden elinympäristöistä, harrastusmahdollisuuksista, kulttuuri- ja liikuntapalveluista, koulutuksesta, työllisyyden edistämisestä sekä osallisuuden vahvistamisesta. Hyvinvoinnin johtaminen perustuu tietoon, jonka saaminen taas edellyttää suunnitelmallista arviointia ja seurantaa. Digitaalisista ratkaisuista odotetaan hyötyjä myös tiedolla johtamisen tarpeisiin (STM 2016; Leskelä ym. 2019).

Kuntien on seurattava hyvinvoinnin edistämiseksi tehtyjä toimenpiteitä vuosittain ja raportoitava niistä valtuustoille. Hyvinvointikertomus on asiakirja, joka toimii keskeisenä terveyden edistämistyön suunnittelun, seurannan, arvioinnin ja raportoinnin työkaluna. Siihen kootaan tiedot kuntalaisten hyvinvoinnista, kunnan hyvinvointipolitiikasta ja suunnitelluista toimista sekä arviot toteutuneista toimenpiteistä (THL 2019). Viime vuosina yhä useampi kunta on siirtynyt sähköiseen hyvinvointikertomukseen, jonka tarkoituksena on helpottaa hyvinvointityön seurantaa ja raportointia (Kuntaliitto 2020). Hyvinvointikertomus on hyvinvointijohtamisessa keskeinen työväline, joten sen tulisi kuvata asukkaiden hyvinvointia ja elinympäristöä mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti, kattavasti ja ajantasaisesti. Suomessa on pitkät perinteet väestön terveyden ja hyvinvoinnin seurannasta, mikä tukee myös kuntien ja alueiden hyvinvointityötä. Edelleen hyvinvointijohtamisen käytäntöjä tulisi kuitenkin kehittää, jotta toiminnan vaikutuksia pystyttäisiin paremmin arvioimaan (Leskelä ym. 2019; Pekkanen ym. 2019).

Terveyden edistämisen tietoperustaa rakentamassa

Tietoa väestön hyvinvoinnista ja terveydestä on saatavilla monien kansallisten tilastotietokantojen kautta. Kunta- ja aluetason tilastotietoa terveydestä on tarjolla kattavasti avoimissa tietokannoissa (mm. Sotkanet, Terveystemme). Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) vastaa valtakunnallisesti väestön hyvinvointia ja terveyttä kuvaavan tiedon keräämisestä ja seurannasta sekä terveyttä edistävien toimenpiteiden kehittämisestä (THL 2019). THL on myös mukana kehittämässä digitaalisia palveluita ja terveydenhuollon tiedonhallintaa. Keskeinen terveyden edistämistyön seurantaa ja raportointia tukeva verkkopalvelu on THL:n ylläpitämä TEAviisari. Palvelu kokoaa yhteen tietoa kuntien terveyden edistämisasiivisuudesta useilta eri arviointialueilta. Tietoja kerätään muun muassa kuntajohdon toiminnasta, koulutuksesta (perusopetus, lukio ja ammatillinen koulutus), liikunta- ja kulttuuritoiminnasta sekä perusterveydenhuollosta. Tulokset perustuvat kuntien ilmoittamiin tietoihin, väestötutkimuksiin sekä tilastotietoihin (TEAviisari 2020).

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen lisäksi muutkin tahot, kuten Työterveyslaitos, tutkimuslaitokset ja oppilaitokset tarjoavat tietoa eri väestöryhmien hyvinvoinnista ja terveydestä. Esimerkiksi UKK-instituutti koordinoi Kunnonkartta- tutkimusta, jossa arvioidaan työikäisen väestön fyysisen kunnon ominaisuuksia ja liikkumista (Vähä-Ypyä ym. 2021). Jyväskylän yliopisto on mukana WHO:n koululaistutkimuksessa, jonka kautta saadaan tietoa suomalaisten lasten ja nuorten hyvinvoinnista ja terveydestä (mm. Inchley ym. 2020). WHO-koululaistutkimuksen tutkijaryhmä on kehittänyt myös verkkosovelluksen (studyhealth.sport.jyu.fi), jolla voidaan tarkastella koululaisten hyvinvointia erilaisen taustamuuttujien mukaan. Jyväskylän yliopistossa tehdään laaja-alaisesti myös ikääntyneiden hyvinvointiin ja terveyteen liittyvää tutkimusta. Tutkimusaiheina ovat muun muassa aktiivisena vanheneminen, elinpiirin ja ympäristön vaikutukset liikkumiselle ja toimintakyvylle sekä tasa-arvon toteutumista vanhuudessa (Gerec – Gerontologian tutkimuskeskus s.a.).

Tilasto- ja rekisteritiedot mahdollistavat väestön hyvinvoinnin ja terveyden kehityksen seurannan sekä tilannekuvan muodostamisen. Ilman täydentävää tietoa hyvinvointiin vaikuttamisen mekanismeista ja konteksteista, on vaikea päätellä, mitkä toimenpiteet ovat olleet vaikuttavia tai mitä tulisi tehdä toivottavien vaikutusten aikaansaamiseksi. Terveyden edistämisen johtamisen näkökulmasta tärkeää on kerätä ja hyödyntää tietoa yhteiskunnan eri alueilta ja toimintatasoilta. Tieto on kuitenkin pirstaleista. Valtaosa hyvinvointiin ja terveyteen liittyvästä tiedosta kertyy muualta kuin sosiaali- ja terveydenhuollon tietojärjestelmistä. Esimerkiksi terveyttä edistävien ympäristöjen arvioimiseksi kuntalaisten liikkumisesta voidaan saada tietoa pyöräteille asennetuista liikennelaskureista tai karttasovelluksista. Osallisuudesta puolestaan voi kertoa lasten- ja nuorten harrastusaktiivisuus ja seuratoimintaan osallistuminen. Näihin tekijöihin liittyy tietoa löytyy esimerkiksi seurojen jäsenrekistereistä.

Myös terveydenhuollosta voidaan saada tietoa terveyden edistämistyöstä, esimerkiksi seuraamalla elämäntapaohjauksen toteutumista ja vaikuttavuutta. Tietopohjan parantamiseksi sosiaali- ja terveydenhuollossa on kehitetty VESOTE-hankkeen yhteydessä elämäntapaohjaukseen liittyviä kirjaamiskäytäntöjä, jotta terveyden edistämistyön vaikuttavuutta olisi mahdollista seurata myös rekisteritiedon pohjalta (Kivimäki 2018). Lisäksi sosiaali- ja terveydenhuollossa on otettu käyttöön monia sähköisiä palveluja (mm. Omaolo), joiden painopiste on omatoimisessa terveyden edistämässä ja omahoidon tukemisessa. Tavoitteena on, että esimerkiksi sähköisistä terveys- ja hyvinvointitarkastuksista voidaan siirtää asiakkaan luvalla tietoja suoraan ammattilaisille. Vaikka terveyteen liittyvä datamäärä kasvaa, resurssit kerätä, koostaa ja analysoida tietoa terveyden edistämisen toiminnasta ovat verrattain niukat. Resursseja ja osaamista tarvitaan tiedonhallinnan kehittämiseen, jotta vaikuttavuusnäytön koostaminen olisi mahdollista.

Digitaalisista ratkaisuista tukea vaikutusten ja vaikuttavuuden arviointiin

Yksi keskeinen hyvinvointityön kehityskohde koskee arviointia, niin vaikutusten ennakoarvioinnin kuin pidemmän ajan vaikuttavuuden osalta (Pekkanen ym. 2020). Vaikka ennakoarviointi on kuntien lakisääteinen velvollisuus, alle 40 prosenttia kunnista arvioi päätösten mahdollisia vaikutuksia ennen toimeenpanoa (Pekkanen ym. 2020). Syy ennakoarviointikäytäntöjen vähyyteen voi olla tarvittavien tietojen ja taitojen, resurssien tai työkalujen puutteessa. Ennakoarviointi ei kuitenkaan edellytä kalliiden ja monimutkaisten menetelmien käyttöä, vaan eri osapuolten näkemysten kuulemista, riskien tunnistamista ja toimintavaihtoehtojen vertailua (Salenius & Ratia 2018; Egan ym. 2019). Ennakoarvioinnin tavoitteena on ottaa huomioon vaikutuksia, joita päätöksistä voi seurata esimerkiksi hyvinvoinnille, tasa-arvolle, ympäristölle ja taloudelle (Salenius & Ratia 2018). Toisaalta digitalisaatio on myös ilmiö, jonka vaikutuksista ennakoarviointia tarvitaan.

Digitaaliset arviointityökalut voivat olla apuna arvioinnissa ja tukea hyvinvointijohtamista. Näitä hyötyjä ovat esimerkiksi kattavampi tiedonhaku, seurantajärjestelmien käyttö sekä mahdollisuus aktiivisempaan asiakas- ja kansalaispalautteen keräämiseen eri kanavien kautta. Sähköisillä alustoilla voidaan myös jakaa tietoa jo testatuista toimintamalleista ja arvioida niiden soveltuvuutta muihin toimintaympäristöihin. Esimerkiksi

Innokylä on kehittämisalusta, joka kokoaa tietoa kehitteillä olevista ja testatuista toimintamalleista. Myös Itsenäisyyden juhluvuoden lastensäätiön (ITLA) Kasvun tuki- sivustolle on koottu tietoa lasten ja nuorten hyvinvoinnin edistämisestä (Kasvun tuki 2020). Hyvinvointijohtamista varten on kehitetty myös laskureita sekä tilasto- ja visualisointityökaluja. Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö (LIKES) on kehittänyt Kunta-Virveli tietoaalustan, joka on tarkoitettu hyvinvoinnin ja liikunnan edistämistoimintaan strategisen suunnittelun avuksi (KuntaVirveli 2021). Vastaavasti Liikuntaindikaattorit- tietoaalustalle on koottu lasten ja nuorten liikuntaa kuvaavia tietoja useasta eri lähteestä (Liikuntaindikaattorit s.a.). Päätöksentekoa tukevista vaikuttavuuslaskureista on StopDia- tutkimushankkeessa on kehitetty investointilaskuri, jonka tarkoituksena on auttaa arvioimaan diabeteksen ennaltaehkäisyn taloudellisia vaikutuksia (StopDia 2020).

Onnistunut hyvinvointityö edellyttää hyvinvointivaikutusten huomioon ottamista osana kaikkea päätöksentekoa. Koska väestötasolla päävastuu hyvinvoinnin edistämisestä on kunnilla, olisi tärkeä kehittää kuntien tueksi avoimesti saatavilla olevia seurannan ja arvioinnin työkaluja (THL 2021b). Toistaiseksi laadullisen tiedon kerääminen on ollut vähäisempää kuin tilastotietojen hyödyntäminen. Tilasto- ja indikaattorityökalujen kehittämiseksi on edelleen tarvetta, esimerkiksi vaikuttavuusarvioinnin tueksi. Monipuolistuneet vuorovaikutuskanavat (mm. sosiaalinen media) ja analyyttikkamenetelmät (mm. tekstianalytiikka) voisivat mahdollistaa myös kuntalaisten mielipiteiden ja asiakaskokemusten laajemman hyödyntämisen osana prosessiarviointia. Digitaaliset ratkaisut, kuten tiedonhallinnan alustat, päätöksenteon tukijärjestelmät ja tilasto- ja tutkimustietoon perustuvat laskentamallit voivat osaltaan tukea hyvinvointijohtamista. Tärkeää kuitenkin on, että suunnittelu tehdään yhdessä käyttäjien ja tiedon hyödyntäjien kanssa, jotta työkalut vastaavat käytännön tarpeisiin.

6.1.5 Digitalisaatio terveyden edistämisen tutkimuksessa

Edellä todettiin, että tilastotiedot ja tilannekuvaraportit eivät yksin riitä terveyden ja hyvinvoinnin edistämisen tietopohjaksi. Tarvitaan myös tietoa vaikutusmekanismeista ja muutoksia välittävistä tekijöistä. Tällaisen tiedon tuottamisessa tutkimustoiminnalla on keskeinen merkitys. Terveyden edistämisen vaikuttavuuden osoittamisessa on tärkeää, että toimintaa arvioidaan useassa vaiheessa ja tarkoituksenmukaisilla tavoilla. Tutkimuksen kytkeminen mukaan kehittämistoimintaan luo edellytyksiä myös vaikuttavuuden arvioinnille. Digitalisaatio heijastuu terveyden edistämisen tutkimukseen mahdollisuuksina hyödyntää uusia menetelmiä tiedonkeruussa, rakentaa uudenlaisia tutkimusasetelmia sekä käyttää monipuolisempia tutkimusmenetelmiä aineistojen analysointiin ja vaikuttavuuden arviointiin. Tiedonkeruun näkökulmasta mahdollisia lähteitä ovat muun muassa sensorit, sovellusten lokitiedot, asiakastiedot, verkkopalvelujen käyttö ja navigointi, aktiivisuusmittarit, kuvat, videot, tekstit, someviestit, kyselyt ja terveystietokannat. Digitalisaatio tarkoittaa terveyden edistämisen tutkimukselle paitsi menetelmävalikoiman laajenemista myös tutkittavaa ilmiötä.

Monipuolistuvat menetelmät tutkimuksessa

Terveyskäyttäytymiseen liittyvälle tutkimukselle digitalisaatio on tuonut tarpeen rakentaa aikaisemmasta eroavia interventioita ja tutkimusasetelmia. Uutta interventiosukupvea edustavat niin sanotut adaptiiviset interventiot (Just-in-time-adaptable-interventions) (Klasanja ym. 2015; Hardeman ym. 2019). Automatisoitujen ja oppivien sovellusten kautta henkilö voi saada palautteen välittömästi tai lähes välittömästi esimerkiksi tehtävien suorittamisen jälkeen. Palaute myös optimoittaa aikaisemman käyttäytymisen ja valintojen perusteella. Menetelmien kehittyessä interventioasetelmiin on tullut uusia toteutustapoja, kuten mikro-randomisoidut kokeet (Klasanja ym. 2015; Marques ym. 2020). Tällä tarkoitetaan sitä, että henkilö voidaan satunnaistaa useaan kertaan seurantajakson aikana ja verrata, millainen interventiomalli tuottaa parhaimmat tulokset. On myös esitetty, että tulisi välttää interventioiden suunnittelua siten, että osallistujille tarjottava viestintä tai ohjaustapa on ”lukittu” lähtötilanteen motivaation tai muutoshalukkuuden mukaan. Ihmisten motivaatio saattaa olla hyvin tilannesidonnaista, jolloin tarkoituksenmukaista olisi tunnistaa tämä yksilöllinen vaihtelu. Teknologiapohjaisissa interventioissa palautesykli voi olla hyvinkin lyhyt, millä voidaan osaltaan edistää oppimista ja sitoutumista muutostavoitteisiin.

Aineiston käsittelyssä ja analysoinnissa menetelmät ovat myös monipuolistuneet suuraineistoanalyysien ja tekoälysovellusten myötä. Tästä esimerkkinä on kansainvälinen Human Behavior Change (HBCP) projekti. Hankkeessa tutkitaan terveyden ja hyvinvointiin liittyviä käyttäytymismekanismia, ja hyödynnetään suuraineistojen analysoinnissa koneoppimista ja tekstianalytiikkaa (HBCP s.a.). Toisenlainen esimerkki laskennallisten menetelmien käytöstä on yhdysvaltalainen tutkimushanke, jossa on kehitetty simulaatio-työkalu mallintamaan elinympäristön vaikutusta liikkumiseen ja lihavuuden kehittymiseen (Lee ym. 2017; Seifu ym. 2018). Erilaisia aineistolähteitä ja analyysimenetelmiä yhdistetään luovasti myös suomalaisissa tutkimuksissa. Tästä hyvä esimerkki on Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen tuore tutkimus, jossa on selvitetty COVID-19 pandemian vaikutuksia huumeiden käyttöön analysoimalla tekstiaineistoja, jätevesinäytteitä ja rekisteritietoja (Karjalainen ym. 2021).

Kiinnostus perinteisistä tilastollisista menetelmistä eroavien laskennallisten menetelmien käyttöön terveyden edistämisen tutkimuksissa on viime vuosina lisääntynyt (Egan 2019). Systeemitieteiden menetelmät (systeemidynamiikka, agenttipohjaiset mallit, verkostoanalyysit) ovat olleet jo pidempään käytössä monilla muilla tieteenaloilla (teollisuus, biologia, talous, ilmastotieteet), mutta terveyden edistämiseen liittyvien ilmiöiden mallintamisessa ne ovat yleistyneet 2010-luvulta lähtien. Tähän on vaikuttanut muun muassa laskentamenetelmien kehittyminen ja datan satavuuteen liittyvät kysymykset (Lee ym. 2017). Menetelmien kiinnostavuutta lisää se, että ne soveltuvat kompleksisten ilmiöiden mallinnukseen, ja aineistona voidaan käyttää sekä kvalitatiivista (asiantuntijakyselyt/työryhmät ja yhteisöistä kerätty tieto) että kvantitatiivista aineistoa (interventiot ja epidemiologiset tutkimukset).

Systeemitieteiden menetelmiä on käytetty muun muassa lihavuuden ehkäisykeinojen mallintamisessa, mutta näkemys laskennallisten mallien hyödyistä on ristiriitaista (Morshed ym. 2019; Egan 2019). Mallien rakentaminen voi olla työlästä, koska lähtöteitoja joudutaan yhdistelemään eri aineistoista, data voi olla puutteellista, eivätkä monet

terveyteen ja hyvinvointiin liittyvät ilmiöt ole helposti parametrisoitavissa. Tuoreita esimerkkejä mallinnusten hyödyistä päätöksenteossa ovat COVID-19 pandemiasta luodut simulaatiot (mm. Roda ym. 2020; Shamil ym. 2021). Mallinnukset voivat tukea päätöksentekoa, mutta niiden rakentamisessa ja tulkinnassa eri alojen asiantuntijoiden yhteistyö on tärkeää. Näin ymmärretään todennäköisemmin mallien rajoitteet ja puutteet, joita niihin väistämättä sisältyy. Simulaatiomallit eivät tarjoa valmiita vastauksia päätöksentekoon, mutta ne voivat auttaa erilaisten toimintatapojen ja todennäköisten tulevaisuuksien vertailussa.

Digitalisaatio tutkittavana ilmiönä

Terveyteen liittyviä ilmiöitä voidaan tutkia uudella asettelulla ja laskennallisilla menetelmillä, mutta toisaalta on tärkeä tutkia myös digitaalisaatiota ilmiönä ja sen vaikutuksia hyvinvointiin. Digitalisaatioon liittyvä näkökulma on vähintään epäsuorasti osa kaikkea ihmistieteiden tutkimusta, sillä digitaalisen teknologia on osa yhteiskuntaa ja vaikuttaa ihmisten arkeen. Oli tutkimuksen aihe sitten liikunta-aktiivisuus, yksinäisyys, tapaturmien ehkäisy tai terveysneuvonta, heijastuu teknologian vaikutus näihin ilmiöihin.

Digitalisaatio näyttäytyy tutkimuksissa muutoksia selittävänä taustailmiönä, mutta teknologiaa voidaan käyttää myös muutoksen välittäjänä. Esimerkki tällaisesta lähestymistavasta on Jyväskylän yliopistossa käynnissä oleva ”Syntyjäänkö diginatiivi”- tutkimushanke, jossa selvitetään yhdessä kansainvälisten tutkimuskumppaneiden kanssa älylaitteiden käytön vaikutuksia pienten lasten liikkumiseen ja hyvinvointiin (Chen ym. 2019). Itä-Suomen yliopiston, VTT:n ja THL:n toteuttama StopDia- tutkimus on puolestaan selvittänyt ryhmäohjauksen ja mobiilisovellusten käytön vaikutuksia elintapamuutosten toteutumiseen (Pihlajamäki ym. 2018).

Uusilla analyysimenetelmillä tai datan määrää lisäämällä ei yksin saada vastauksia terveyden edistämisen kompleksisuutta koskeviin haasteisiin, mutta parhaimmillaan tutkimus voi lisätä ymmärrystä hyvinvointiin vaikuttavista ilmiöistä ja auttaa suuntaamaan toimintaa tarkoituksenmukaisesti. Koska terveyden edistämisen tutkimus liittyy ihmisten käyttäytymiseen, tutkimustoiminnassa keskeinen kysymys on, mihin tarkoitukseen ja miten tietoja kerätään ja käytetään, jotta tietosuoja ja tutkimuseettiset periaatteet toteutuvat.

6.1.6 Tutkimusta digitalisaation vaikutuksista tulee jatkaa

Digitalisaatiota koskevan keskustelun yhteydessä hyvinvointi ja terveys näyttäytyvät usein yksilötasolla mittaamisen ja monitoroinnin kautta. Toinen näkökulma on ollut suuraineistojen käyttö tiedolla johtamisessa ja kansanterveystyössä (mm. Mooney & Pejaver 2018). Terveyden edistämisen ydinajatus saattaa kuitenkin unohtua, jos käytettävissä oleva data rajautuu vain näille kahdelle tasolle. Terveyden edistämässä yhteisöllä, organisaatioilla ja järjestöillä on huomattava merkitys, joten olisi tärkeää arvioida digitalisaation vaikutuksia myös yhteisötasolla. Digitalisaatio näkyy yhteiskunnassa elämäntyylien muuttumisena, mikä heijastuu myös yhteisöjen toimintaan. Ottaen huomioon ilmiön läpileikkaavuuden, tutkimustietoa terveyden edistämisestä ja hyvinvoinnista digitalisoituneissa ympäristöissä on vielä verrattain vähän (mm. Lupton 2015; O’Neil

2019). Esimerkiksi sosiaalisen median käyttö on muuttanut ihmisten välistä vuorovaikutusta ja lisännyt nopeutta, jolla hyvinvointiin ja terveyteen liittyvät (lieve)ilmiöt leviävät. Muuttuvassa teknologiaympäristössä olisi tärkeää ymmärtää sosiaalisen median verkostojen ja sisältöjen vaikutuksia hyvinvointiin ja terveyteen.

Schillinger ym. (2020) ovat esittäneet viitekehyksen sosiaalisen median (some) suhteesta terveyden edistämiseen ja terveystietoon. Heidän mukaansa sosiaalinen media on tehokas alusta niin disinformaation ja epäterveellisten tai vahingollisten käyttäytymismallien levittäjänä, kuin myös terveystietoisuuden edistäjänä ja hyvinvointi-ilmiöiden seurannan ja ennakkoinnin työkaluna. Lisäksi sosiaalisen median kautta terveystietoa voi tavoittaa muuten hankalasti tavoitettavia ryhmiä, some-verkostot ovat mahdollisuus ruohonjuuritason vaikuttamiselle ja kansalaisaktiivisuudelle. Sosiaalisesta mediasta kansalainen voi myös löytää väylän vertaistuelle tai ammattiavun saamiselle (Schillinger ym. 2020). Terveyden edistämisen ammattilaisilta tarvitaan uudenlaista osaamista ja herkkyyttä tunnistaa sosiaalisen median kautta leviäviä terveydelle haitallisia ilmiöitä, joiden vaikutukset saattavat muuten kärjistyä reaali maailmassa. Toisaalta tarvitaan myös entistä painokkaammin toimia lasten, nuorten ja aikuisten terveyden luvutaidon ja hyvinvointiosaamisen vahvistamiseen. Huomiota tulisi kiinnittää sekä ryhmisiin, joiden ääni ei kuulu internetin keskustelupalstoilla että niihin, jotka eivät osallistu fyysisesti paikalla ollen, mutta saattavat olla aktiivisia verkkoyhteisöissä.

Uudet teknologiat, kuten tekoäly ja robotiikka ovat herättäneet kiinnostusta terveydenhuollossa ja lääketieteen sovelluksissa (TEM 2016). Siinä missä tekoälyn on havaittu tuovan hyötyjä muun muassa lääketieteen diagnostiikkaan, toimivien tekoälysovellusten kehittäminen terveyden edistämisen tarpeisiin saattaa olla haasteellisempaa. Terveyden edistäminen tapahtuu ihmisten arjessa, jossa ilmiöiden syy-seuraussuhteet eivät ole tarkkarajaisia ja vaikutusten aikajänne voi olla pitkä (Craig ym. 2008). Terveyden edistämisestä ei myöskään kerry rekistereihin vastaavaa rakenteista tietoa, jota terveydenhuollon asiakas- ja potilastietojärjestelmistä on mahdollista saada. Ihmisten asenteisiin, uskomuksiin, käyttäytymiseen ja elinympäristöön liittyvät tiedot ovat myös monilla tavoin sensitiivisiä, jolloin näiden tietojen keruu on perustellusti rajattua. Vaikka yhteisöpalveluissa jaetaan avoimesti tietoa elämäntyyleistä, harrastuksista, liikkumisesta ja ruokavaliosta, näitä tietoja voidaan hyödyntää hyvinvointiin ja terveyteen liittyvässä tutkimuksessa vain harkiten.

Tutkimusasetelmien suunnittelussa on olennaista kysyä, miksi ja mitä tietoa ihmisten arjesta kerätään, ovatko tiedot tarpeellisia, ja miten tarkoituksenmukainen data saadaan tutkimuksia varten käytettäväksi. Kansalaisten hyvinvointitietoja tutkimuksissa on käytetty toistaiseksi niin, että tiedot on kerätty erillisten tiedonkeruiden kautta. Jatkossa mahdollisuuksia voisi olla muitakin. Sosiaali- ja terveydenhuollon digitalisaation tavoitteena on ollut edistää kansalaisten omien hyvinvointitietojen hyödyntämistä niin yksilökohtaisesti terveyden edistämässä kuin myös tutkimuksessa (THL 2017). Joidenkin hyvinvointitietojen (mm. aktiivisuus, verenpaine) tallennus on jo nykyisin mahdollista kansalaisten käytössä olevaan Omatietovarantoon. Tarkoituksena on mahdollistaa myös tietojen jakaminen ammattilaisille Omakanta-palvelun kautta (Omatietovaranto 2021). Hyvinvointitiedon jakaminen asiakkaan suostumuksella voi osaltaan edistää moniammatillista terveyden edistämistyötä (THL 2017). Omatietovaranto on tällä hetkellä vielä

kehitysasteella ja tallennuksen mahdollistavien sovellusten määrä on pieni. Ratkaistavana ovat myös asiakastietojen käyttöä koskevat lainsäädännölliset kysymykset (Omatietovaranto 2021). Kehitystyötä tarvitaan, ennen kuin kansallisesti käytössä olevan Omatietovarannon tietoja voisi asiakkaiden luvalla käyttää myös tutkimustarkoituksiin.

Kaupallisten toimijoiden järjestelmissä on suuret määrät ihmisten itsensä tuottamaa hyvinvointitietoa. Myös organisaatioiden rekisterit ja palveluiden metatiedot voivat soveltaa terveyden edistämistoiminnan arviointiin ja kehittämiseen. Tietojen hyödyntämiseen liittyy kuitenkin tietosuojakysymyksiä ja teknisiä haasteita, jotka rajoittavat datan käyttöä tutkimustarkoituksiin. Viime vuosina on kehitetty menetelmiä tutkia kuluttajadatasta elintapojen jakautumista väestössä (Erkkola ym. 2019). Näihin datalähteisiin liittyy haasteita muun muassa edustavuuden ja tarkkuuden osalta, mutta kehittyvä ymmärrys aineiston luonteesta voi mahdollistaa myös harvinaisempien datalähteiden hyödyntämisen osana terveyden edistämiseen liittyvää tutkimusta (Erkkola ym. 2019). Jatkokehitystä varten tarvitaan toimivia yhteistyömalleja yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa.

Sosiaali- ja terveydenhuollon rekistereihin ja väestötutkimuksiin perustuvien tietoa-aineistojen hyödyntäminen tuo mahdollisuuksia erityisesti terveyden edistämisen vaikutavuuden arviointiin. Toistaiseksi keskustelu hyvinvointi- ja terveystietojen data-analytiikasta ja on kuitenkin painottunut lääketieteen diagnostiikkaan, sairauksien ennaltaehkäisyyn, palveluohjaukseen ja päätöksentekojärjestelmien kehittämiseen (Seppälä & Puranen 2019; Pajula ym. 2021). Suomessa on vuonna 2019 tullut voimaan laki sosiaali- ja terveydenhuollon aineistojen toissijaisesta käytöstä (552/2019). Tavoitteena on ollut edistää tietojen hyödynnettävyyttä tutkimuksessa ja tuotekehityksessä tietosuojaperiaatteiden mukaisesti. Vuodesta 2020 alkaen aineistojen myöntäminen tutkimuskäyttöön onkin ollut keskitettyä FinData- tietolupaviranomaiselle (Pajula ym. 2021). Tuoreen selvityksen mukaan tilastotietojen hyödynnettävyydessä on kuitenkin vielä parannettavaa. Jatkossa odotetaan toimivien analytiikkaympäristöjen kehittämistä ja lupaprosessien sujuvoittamista (Pajula ym. 2021).

Terveyden edistämisen toiminta tähtää terveyden eriarvoisuuden vähentämiseen. Tähän tavoitteeseen pääseminen edellyttää palveluiden, rakenteiden ja olosuhteiden kehittämistä, siten että eri väestöryhmien tarpeet otetaan tasavertaisesti huomioon. Tiedonkeruuta tarvitaan myös muualta kuin niistä lähteistä, joista sitä olisi helpoiten saatavilla. Terveyden edistämisen tutkimuksessa aineistoja on useimmiten analysoitu ennalta asetettujen hypoteesien pohjalta. Suuraineistojen analyysin ja koneoppimismenetelmien avulla tutkittavasta ilmiöstä voidaan löytää uusia näkökulmia, jotka ansaitisivat tarkempaa jatkotutkimusta (Mooney & Pejaver 2018). Hypoteesien generoinnin lisäksi suuraineistojen analysointimenetelmät soveltuvat ilmiöiden ennakointiin ja seurantaan sekä kausaalisuuden tutkimiseen (Mooney & Pejaver 2018). Terveyden edistämässä sovelluksia voivat olla esimerkiksi muutostrendien tunnistamiseen ja tiedolla johtamiseen liittyvät kysymykset. Jotta terveyden edistämisen monialaisesta toiminnasta muodostuisi vankempi tietopohja, olisi hyödyllistä lisätä vuoropuhelua liikunta- ja terveystieteiden, lääketieteen, yhteiskuntatieteiden ja datatieteiden asiantuntijoiden välillä. Näin digitalisaatioon perustuvista menetelmistä kehittyisi todennäköisimmin terveyden edistämiseen hyötyä tuottavia ratkaisuja.

Lähteet

- Adams, ME (2016), *Internet Addiction: Prevalence, Risk Factors and Health Effects*, Psychology Research Progress, Nova Science Publishers, Inc, Hauppauge, New York, viewed 21 April 2021.
- Anoschkin K. (2020). Hyvän mitta. Opas yhteiskunnallisen vaikuttavuuden kehittämiseen. Kaskas media.
- Aromatario, O., Van Hoye, A., Vuillemin, A., Foucaut, A. M., Crozet, C., Pommier, J., & Cambon, L. (2019). How do mobile health applications support behaviour changes? A scoping review of mobile health applications relating to physical activity and eating behaviours. *Public health*, 175, 8-18.
- Attig, C., & Franke, T. (2019). I track, therefore I walk—Exploring the motivational costs of wearing activity trackers in actual users. *International Journal of Human-Computer Studies*, 127, 211-224.
- Attig, C., & Franke, T. (2020). Abandonment of personal quantification: A review and empirical study investigating reasons for wearable activity tracking attrition. *Computers in Human Behavior*, 102, 223-237.
- Baptista, N., Alves, H., & Pinho, J. C. (2020). Uncovering the use of the social support concept in social marketing interventions for health. *Journal of Nonprofit & Public Sector Marketing*, 1-35.
- Craig, P., Dieppe, P., Macintyre, S., Michie, S., Nazareth, I., & Petticrew, M. (2008). Developing and evaluating complex interventions: the new Medical Research Council guidance. *Bmj*, 337
- Dufva, M. (2020). Megatrendit 2020. *Sitran selvityksiä*, 162, 2020. <http://media.sitra.fi/2019/12/15143428/megatrendit-2020.pdf>. Viitattu 30.4.2021.
- Devlon N. Jackson, Neha Trivedi & Cynthia Baur (2020): Re-prioritizing Digital.Health and Health Literacy in HealthyPeople2030 to Affect Health Equity, *Health Communication*, DOI: 10.1080/10410236.2020.1748828
- Domoff, S. E., Borgen, A. L., Foley, R. P., & Maffett, A. (2019). Excessive use of mobile devices and children's physical health. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1(2), 169-175.
- Egan M, McGill E, Penney T, Anderson de Cuevas R, Er V, Orton L, Lock K, Popay J, Savona N, Cummins S, Rutter H, Whitehead M, De Vocht F, White M, Smith R, Andreeva M, Meier P, Marks D, Petticrew M. NIHR SPHR Guidance on Systems Approaches to Local Public Health Evaluation. Part 1: Introducing systems thinking. London: National Institute for Health Research School for Public Health Research; 2019.
- Erkkola, M., Fogelholm, M., Saarijärvi, H., Uusitalo, L., & Nevalainen, J. (2019). Kuluttajadatan mahdollisuudet ja haasteet kansanterveystutkimuksessa; case LoCard. *Sosiaalilääketieteellinen aikauslehti*, 56(2), 76-87.
<https://doi.org/10.23990/sa.70960>
- Gerec – Gerontologian tutkimuskeskus. <https://www.gerec.fi/>
- Greaves, C. J., Sheppard, K. E., Abraham, C., Hardeman, W., Roden, M., Evans, P. H., & Schwarz, P. (2011). Systematic review of reviews of intervention components associated with increased effectiveness in dietary and physical activity interventions. *BMC public health*, 11(1), 1-12.

- Green, J., Cross, R., Woodall, J. & Tones, K. (2019). Health promotion: Planning and strategies (4th edition.). SAGE.
- Grénman, M. (2019). In quest of optimal self. Wellness consumption and lifestyle—A superficial marketing fad or a powerful means for transforming and branding one-self. Doctora thesis.
- Hardeman, W., Houghton, J., Lane, K., Jones, A., & Naughton, F. (2019). A systematic review of just-in-time adaptive interventions (JITAs) to promote physical activity. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 16(1), 31.
- Harjumaa M, Absetz P, Ermes M, Mattila E, Männikkö R, Tilles-Tirkkonen T, Lintu N, Schwab U, Umer A, Leppänen J, Pihlajamäki J. Internet-Based Lifestyle Intervention to Prevent Type 2 Diabetes Through Healthy Habits: Design and 6-Month Usage Results of Randomized Controlled Trial. *JMIR Diabetes*. 2020 Aug 11;5(3):e15219. doi: 10.2196/15219. PMID: 32779571; PMCID: PMC7448183.
- Haukkala, A., Hankonen, N., & Konttinen, H. (2012). Sosiaalipsykologia terveyskäyttämisen tutkimuksessa. *Psykologia*, 47(05-06), 396-409.
- HBCP. s.a. <https://www.humanbehaviourchange.org/>. Viitattu 30.4.2021.
- Heponiemi, T., Jormanainen, V., Leemann, L., Manderbacka, K., Aalto, A-M. & Hyppönen, H. (2020) Digital divide in perceived benefits of online health care and social welfare services: a national cross-sectional survey study. *Journal of Medical Internet Research*. doi:10.2196/17616
- Hyppönen H, Ilmarinen K. (2016). Sosiaali- ja terveydenhuollon digitalisaatio. Tutkimuksesta tiiviisti 22/2016. *Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Helsinki*.
- Hyppönen H, Vänskä J, Reponen J, Lääveri T, Keränen N, Heponiemi T. Ammattilainen – potilastietojärjestelmät työn tukena? Tutkimuksesta tiiviisti 23, elokuu 2018. *Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Helsinki*.
- Inchley J, Currie D, Budisavljevic S, Torsheim T, Jåstad A, Cosma A et al., editors. Spotlight on adolescent health and well-being. Findings from the 2017/2018 Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) survey in Europe and Canada. International report. Volume 1. Key findings. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2020. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Kivimäki S. (2018). Liikuntaneuvonta nyt ja tulevaisuudessa. *Terveysliikuntautiset. UKK-instituutti 2019*, 27-29.
- Klasnja, P., Hekler, E. B., Shiffman, S., Boruvka, A., Almirall, D., Tewari, A., & Murphy, S. A. (2015). Microrandomized trials: An experimental design for developing just-in-time adaptive interventions. *Health Psychology*, 34(Suppl), 1220–1228. <https://doi.org/10.1037/hea0000305>
- Korkeila J. Internetriippuvuus – milloin haitalliseen käyttöön pitää puuttua? *Duodecim* 2012;128:741–8.
- Kosola, S. (2020). Lasten ja nuorten netti- ja peliriippuvuus: pitääkö olla huolissaan? *Suomen lääkärilehti*, 75(6), 324-329.
- Kuntalaki 410/2015. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150410>
- Kuntaliitto (2021). Sähköinen hyvinvointikertomus. <https://www.hyvinvointikertomus.fi/#/welcome>
- Kunta-Virveli (2021). Jyväskylä. Likes. <https://www.likes.fi/tutkimus/tiedolla-johtaminen-kuntien-hyvinvointityossa/>

- Kyytsönen M, Vehko T, Jormanainen V, Aalto A, Mölläri K (2021) Terveysthuollon etäasioinnin trendit vuosien 2013–2020 Avohilmon aineistossa. Tutkimuksesta tiiviisti 13/2021. THL, Helsinki
- Lau, Y., Chee, D. G. H., Chow, X. P., Cheng, L. J., & Wong, S. N. (2020). Personalised eHealth interventions in adults with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Preventive Medicine*, 106001.
- Lee, B.Y., Adam, A.*, Zenkov, E., Hertenstein, D., Ferguson, M.C., Wang, P.I., Wong, M.S.*, Wedlock, P., Nyathi, S., Gittelsohn, J., Falah-Fini, S., Bartsch, S.M., Cheskin, L.J., Brown, S.T. (2017) Modeling the economic and health impact of increasing children's physical activity in the United States. *Health Affairs*. 36(5): 902-908
- Leskelä, R. L., Haavisto, I., Jääskeläinen, A., Sillanpää, V., Helander, N., Laasonen, V., ... & Torkki, P. (2019). Tietojohdaminen ja sen kehittäminen: tietojohdamisen arviointimalli ja suosituksia maakuntavalmistelu pohjalta. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimus-toiminnan julkaisusarja*, 2019:42.
- Liikuntaindikaattorit s.a. <https://minedu.fi/liikuntaindikaattorit>. Viitattu 30.4.2021.
- Lupton D (2017) Self-tracking, health and medicine, *Health Sociology Review*, 26:1, 1-5, DOI: 10.1080/14461242.2016.1228149
- Lupton D. Young People's Use of Digital Health Technologies in the Global North: Narrative Review *J Med Internet Res* 2021;23(1):e18286 URL: <https://www.jmir.org/2021/1/e18286>
- Lupton, D. (2014). Health promotion in the digital era: a critical commentary. *Health promotion international*, 30(1), 174-183.
- Maher CA, Lewis LK, Ferrar K, Marshall S, De Bourdeaudhuij I, Vandelanotte C. Are health behavior change interventions that use online social networks effective? A systematic review. *J Med Internet Res*. 2014 Feb 14;16(2):e40. doi: 10.2196/jmir.2952. PMID: 24550083; PMCID: PMC3936265.
- Marques, M. M., Dr, Matos, M., Mattila, E., Encantado, J., Duarte, C., Teixeira, P. J., ... Palmeira, A. L. (2020, October 21). NoHoW Toolkit Development. <https://doi.org/10.31234/osf.io/n5eyf>
- McLean, S. A., Jarman, H. K., & Rodgers, R. F. (2019). How do "selfies" impact adolescents' well-being and body confidence? A narrative review. *Psychology research and behavior management*, 12, 513–521. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S177834>
- Mooney, S. J., & Pejaver, V. (2018). Big data in public health: terminology, machine learning, and privacy. *Annual review of public health*, 39, 95-112.
- Morshed, A. B., Kasman, M., Heuberger, B., Hammond, R. A., & Hovmand, P. S. (2019). A systematic review of system dynamics and agent-based obesity models: Evaluating obesity as part of the global syndemic. *Obesity Reviews*, 20, 161-178.
- OECD/European Union (2020), *Health at a Glance: Europe 2020: State of Health in the EU Cycle*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/82129230-en>.
- Omatietovaranto. (2021). <https://www.kanta.fi/jarjestelmakkehittajat/omatietovaranto>
- O'Neil, I. (2019). *Digital Health Promotion : A Critical Introduction*, Polity Press. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/jyvaskyla-ebooks/detail.action?docID=5917082>.
- Paakkari, L., & Okan, O. (2020). COVID-19 : health literacy is an underestimated problem. *The Lancet. Public health*, 5(5), e249-e250. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30086-4](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30086-4)

- Pihlajamäki J, Männikkö R, Tilles-Tirkkonen T, Karhunen L, Kolehmainen M, Schwab U, Lintu N, Paananen J, Järvenpää R, Harjumaa M, Martikainen J, Kohl J, Poutanen K, Ermes M, Absetz P, Lindström J, Lakka T, StopDia study group. Digitally supported program for type 2 diabetes risk identification and risk reduction in real-world setting: protocol for the StopDia model and randomized controlled trial. *BMC Public Health* 2019;19(1):255. Published 2019 Mar 1. doi:10.1186/s12889-019-6574-y
- Pitkänen, L., Torkki, P., Tolkki, H., Valtakari, M., & Leskelä, R. L. (2020). Reittioapas vaikuttavuuteen: Vaikuttavuusperustainen ohjaus sote- ja työllisyyspalveluissa. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja* 2020:1.
- Roda, W. C., Varughese, M. B., Han, D., & Li, M. Y. (2020). Why is it difficult to accurately predict the COVID-19 epidemic?. *Infectious Disease Modelling*, 5, 271-281.
- Rotkirch A & Tammissalo K. (2020) Poliittiset toimenpiteet digitaalisen hyvinvoinnin edistämiseksi. Policy brief 18/2020. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta.
- Salenius M & Ratia E. (2018). Evataan yhdessä! Vaikutusten ennakoarvioinnilla kestäviä päätöksiä. Suomen kuntaliitto. <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2018/1964-evataan-yhdessa-vaikutusten-ennakoarvioinnilla-kestavia-paatoksia>
- Saranto, K., Kinnunen, U. M., Jylhä, V., & Kivekäs, E. (2020b). Digitalisaatio ja sähköiset palvelut uudistuvassa sosiaali- ja terveydenhuollossa. Uudistuva sosiaali- ja terveysala.
- Saranto, K., Kinnunen, U.-M., Koponen, S., Kyytsönen, M., Hyppönen, H., & Vehko, T. (2020a). Nurses' competences in information management as well as experiences in health and social care information system support for daily practice. *Finnish Journal of EHealth and EWelfare*, 12(3), 212-228. <https://doi.org/10.23996/fjhw.95711>
- Schillinger, D., Chittamuru, D., & Ramírez, A. S. (2020). From "infodemics" to health promotion: A novel framework for the role of social media in public health. *American journal of public health*, 110(9), 1393-1396.
- Seifu, L., Ruggiero, C., Ferguson, M., Mui, Y., Lee, B. Y., & Gittelsohn, J. (2018). Simulation modeling to assist with childhood obesity control: perceptions of Baltimore City policymakers. *Journal of public health policy*, 39(2), 173-188.
- Seppälä A. & Puranen K. (2018). Sote-tieto hyötykäyttöön strategian väliarviointi. Sosiaali- ja terveysministeriö. Raportteja ja muistioita 2019:1.
- Shamil, M. S., Farheen, F., Ibtehad, N., Khan, I. M., & Rahman, M. S. (2021). An Agent-Based Modeling of COVID-19: Validation, Analysis, and Recommendations. *Cognitive Computation*, 1-12.
- Sihto M. 2016. Terveyden edistämisen lähestymistapoja terveyseroihin: yksilöllinen, sosiaalirakenteellinen ja kolmas tie. Teoksessa Sihto M, Karvonen S. (toim.) Terveyden edistämisen ja eriarvoisuus – lähestymistapoja ja ratkaisuja. Helsinki: Suomen yliopistopaino OY, 12-37.
- Smith, B. J., Tang, K. C., & Nutbeam, D. (2006). WHO health promotion glossary: new terms. *Health promotion international*, 21(4), 340-345.
- Sørensen, K., Van den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z., & Brand, H. (2012). Health literacy and public health: a systematic review and integration of definitions and models. *BMC public health*, 12(1), 1-13.

- South J et al. (2019). An evidence-based framework on community-centred approaches for health: England, UK. *Health Promotion International*, 2019;34:356–366. doi: 10.1093/heapro/dax083
- Stiglbauer, B., Weber, S., & Batinic, B. (2019). Does your health really benefit from using a self-tracking device? Evidence from a longitudinal randomized control trial. *Computers in Human Behavior*, 94, 131-139.
- Stiglic N, Viner RM. Effects of screentime on the health and well-being of children and adolescents: a systematic review of reviews. *BMJ Open* 2019;9:e023191. doi: 10.1136/bmjopen-2018-023191
- STM 2014. Sote-tieto hyötykäyttöön 2020. strategia. Sosiaali- ja terveysministeriö 2014. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/70321/URN_ISBN_978-952-00-3548-8.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- STM 2016. Digitalisaatio terveyden ja hyvinvoinnin tukena. Sosiaali- ja terveysministeriön digitalisaatiolinjaukset 2025. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu 2016:5. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75526/JUL2016-5-hallinnonalan-ditalisaation-linjaukset-2025.pdf>
- StopDia-investointilaskuri. <https://esior.io/stopdialaskuri1/>
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö [verkkójulkaisu]. ISSN=2341-8699. 2020. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 13.4.2021]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/sutivi/2020/sutivi_2020_2020-11-10_tie_001_fi.html
- TEAvisari. (2021). <https://teaviisari.fi/teaviisari/fi/index>
- Terveysalan tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kasvustrategia. Tiekartta 2016–2018. TEM oppaat ja muut julkaisut 7/2016.
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, THL. (2019). Hyvinvointijohtaminen. Viitattu 30.4.2021. <https://thl.fi/fi/web/hyvinvoinnin-ja-terveyden-edistamisen-johtaminen/hyvinvointijohtaminen>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, THL. (2021a). Alueellinen hyvinvointijohtaminen. <https://thl.fi/fi/web/hyvinvoinnin-ja-terveyden-edistamisen-johtaminen/hyvinvointijohtaminen/alueellinen-hyvinvointijohtaminen>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, THL. (2021b). Hyvinvointijohtaminen kunnassa. Viitattu 30.4.2021. <https://thl.fi/fi/web/hyvinvoinnin-ja-terveyden-edistamisen-johtaminen/hyvinvointijohtaminen/hyvinvointijohtaminen-kunnassa>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, THL. (2021c). Päätösten vaikutusten ennakoarvointi. Viitattu 30.4.2021. <https://thl.fi/fi/web/hyvinvoinnin-ja-terveyden-edistamisen-johtaminen/hyvinvointijohtaminen/paatosten-vaikutusten-ennakoarvointi>
- Terveydenhuoltolaki 1326/2010. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101326>
- Vähä-Ypyä, H., Sievänen, H., Husu, P., Tokola, K., Vasankari, T. Intensity Paradox—Low-Fit People are Physically Most Active in Terms of their Fitness. *Sensors* 2021, 21, 2063.
- Vandendriessche, A., Ghekiere, A., Cauwenberg, J. V., De Clercq, B., Dhondt, K., DeSmet, A., . . . Deforche, B. (2019). Does Sleep Mediate the Association between School Pressure, Physical Activity, Screen Time, and Psychological Symptoms in Early Adolescents? : A 12-Country Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (6), 1072. doi:10.3390/ijerph16061072

- Vannucci, A., Simpson, E. G., Gagnon, S., & Ohannessian, C. M. (2020). Social media use and risky behaviors in adolescents: A meta-analysis. *Journal of Adolescence*, 79, 258-274.
- Vehko, T., Lilja, E., Parikka, S., Aalto, A.-M., & Kuusio, H. (2020). Self-reported strong electronic identification varies between population groups in Finland . *Finnish Journal of EHealth and EWelfare*, 12(3), 187-197.
<https://doi.org/10.23996/fjhw.91512>
- Yleinen tietosuoja-asetus (2016). 2016/679. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0679&from=FI>. Viitattu 30.04.2021.

6.2 Älykäs digitaalinen SOTE-järjestelmä

6.2.1 Perusteita

Suomi on maailman johtavia maita sosiaali- ja terveysdatan monipuolisuudessa ja hyödyntämisessä. Digitalisoituissa SOTE-järjestelmissä ja henkilökohtaisen datan lisääntyessä datan keskitetty tallentaminen ja hyödyntäminen korostuvat. Tavoitteena oleva SOTE kulujen kasvun puolittaminen nykyisestä noin kahden prosentin kasvuvauhdista alle prosenttiin edellyttää monipuolista tekoälytuettua tiedon hyödyntämistä yksilö-, hoitoyksikkö-, alue- ja valtakunnan tasolla.

Hajallaan olevaa SOTE-tietoa, ja siitä systematisoitua dataa, hyödynnetään tällä hetkellä vain alkuperäiseen käyttötarkoitukseen eli yksilön akuutin ongelman tai vaivan ratkaisemiseen. Yksilön merkitys tiedon tuottajana, hyödyntäjänä ja vahvana hallitsijana on mullistumassa. Sosiaali- ja terveydenhuollon kokoamien tietojen lisäksi tietoa syntyy jatkuvasti myös oman toimintamme tuotteena (esim. hyvinvointi- ja aktiivisuustiedon kerääminen). Tietojärjestelmien ja tiedonkeruun kehittyminen mahdollistaa kansalaisten aktiivisemmän osallistumisen oman terveyden ja hyvinvoinnin edistämiseen. Terveys- ja hyvinvointisovellukset voivat toimia osana sosiaali- ja terveystalvotusjärjestelmää ja tukena sairauksien ennaltaehkäisyssä, hoidossa ja kuntoutuksessa. (Neittaanmäki & Lehto, 2018; Neittaanmäki ym., 2019)

Kansallisessa SOTE-ratkaisussa yhdistellään hyvinvointidataa eri lähteistä, jotka nojaavat hyvinvointitiedon toissijaiseen käyttöön sekä toimijoita, jotka haluavat osallistua hyvinvoinnin palveluoperaattorin ekosysteemin rakentamiseen. Nykyaikaisen ja huippuluokan data-analytiikan avulla voidaan saavuttaa kansalliselle SOTE-kehittämiselle asetettuja tavoitteita kuten väestöryhmien terveyserojen pienentäminen, voimavarojen oikea kohdentaminen, toiminnan kehittäminen, hoidon laadun parantaminen, yksilön hyvinvoinnin edistäminen, suomalaisen yhteiskunnan uudistumiskyvyykkyyden vahvistaminen asetetussa aikataulussa. (Neittaanmäki & Lehto, 2018; Neittaanmäki ym., 2019)

Keskitetyn tietovaraston mahdollistamat analyysit luovat uutta ymmärrystä ja tiedon jalostusarvo nousee. Jotta parhaita käytäntöjä ja yksilön tilannetta ja tarpeita voidaan ymmärtää siitä datasta, joka on jo olemassa, ja se edellyttää, että niin yksilöä kuin toteutettuja toimia ja hoitopolkuja kuvaava data on käytettävissä ja analysoitavissa laadukkaasta ja keskitetystä tietolähteestä.

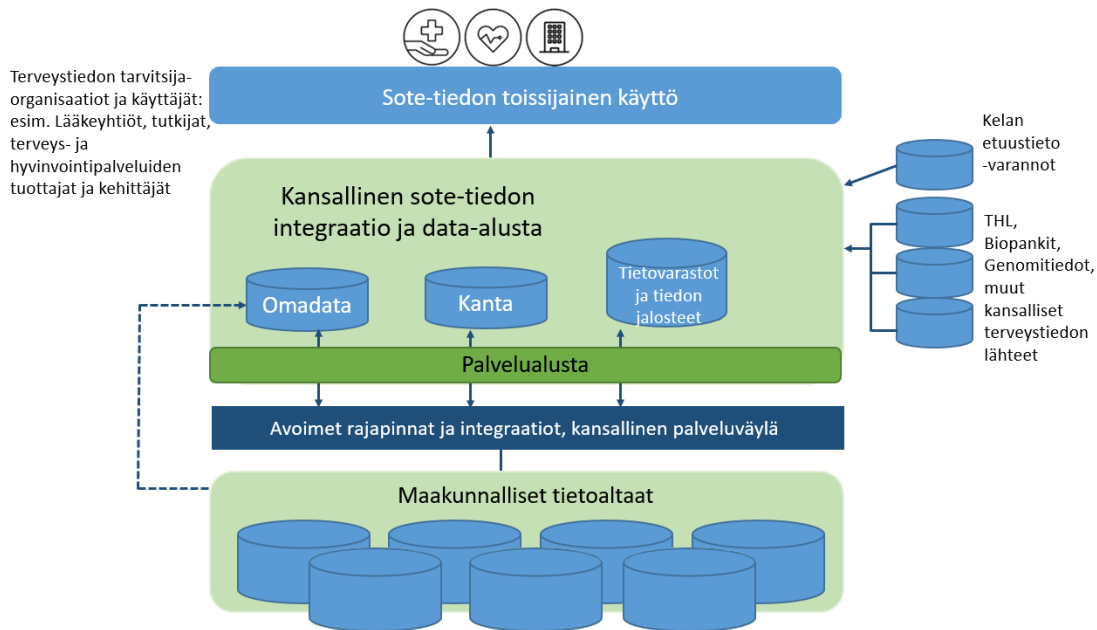
6.2.2 Kansallinen SOTE-IT-arkkitehtuuri

Sosiaali- ja terveydenhuollon ensi- ja toissijainen hyödyntäminen kyberturvallisesti edellyttää kansallisen kokonaisarkkitehtuurin luomista. Arkkitehtuurin tulee kuvata sekä nykytilaa että luoda kokonaiskuva tavoitetilasta. Arkkitehtuurin tulee sisältää tietojärjestelmä ja tietovarantojen lisäksi myös kuvaukset prosesseista, tietovirroista ja relaatioista. (Neittaanmäki & Lehto, 2018; Neittaanmäki ym., 2019)

Sosiaali- ja terveystietopalveluiden arkkitehtuurin tulee sisältää ICT-palvelut, alustat sekä sisällölliset ja tekniset standardit ja määrittelyt, jotka tukevat tiedonjakoa ja yhteen toimivuutta. Kansalaisen aktivointiin, palvelujärjestelmän tehostamiseen ja tietojen toissijaiseen käyttöön liittyvät strategiset tavoitteet edellyttävät, että tietotekniset ratkaisut rakennetaan avoimelle ja skaalautuvalle pohjalle yhteisesti sovittuja menettelytapoja noudattaen. Kokonaisuuden on oltava modulaarinen, avoin ja hallitusti kehitetty, ja sen on mahdollistettava sekä palvelujen, rakenteiden että teknisten ratkaisujen uudistaminen. Tämä edellyttää myös yhteistyöhön nojautuvaa ja verkostomaista ratkaisujen kehittämistapaa, jossa kannustetaan kokeilemaan erityyppisiä ratkaisumalleja ja kokoaamaan näyttöä sellaisista ratkaisuista, jotka tuottavat haluttuja vaikutuksia. Näytön pohjalta vaikuttavia ratkaisuja levitetään tehokkaasti laajamittaiseen käyttöön ja niiden pohjalta kehitetään myös uusia palveluita ja tuotteita. (Neittaanmäki & Lehto, 2018; Neittaanmäki ym., 2019)

Koska SOTE-järjestämissä ja monien muiden säädösten valmistelua tapahtuu jatkuvasti, joudutaan kuvausta täydentämään ja priorisoimaan, kunhan säädöspohja kiinnittyy lopullisesti. Erityisesti sosiaali- ja terveydenhuollon vaikuttavuuden indikaattoreihin tullaan laatimaan täsmennetyt arkkitehtuurit. (Porrasmaa ym., 2016)

Kuvassa 45 on esitetty hahmotelma kansallisesta SOTE IT arkkitehtuurista. (Neittaanmäki, Ruohonen, Räisänen, 2017)



Kuva 45 Hahmotelma kansallisesta SOTE IT arkkitehtuurista. (Neittaanmäki ym. 2017)

6.2.3 Tarvitaan keskitetty SOTE-tiedonhallinta

Keskitetty tiedonhallinta voi tuoda nykytilaan verrattuna merkittävän tehonlisäyksen. Säästöjä voidaan saada, jos sadoista pienistä kuntakohtaisista tietojärjestelmistä siirrytään keskitetympään alueelliseen ja kansalliseen tiedonhallintaan. Samoin voidaan sääs-

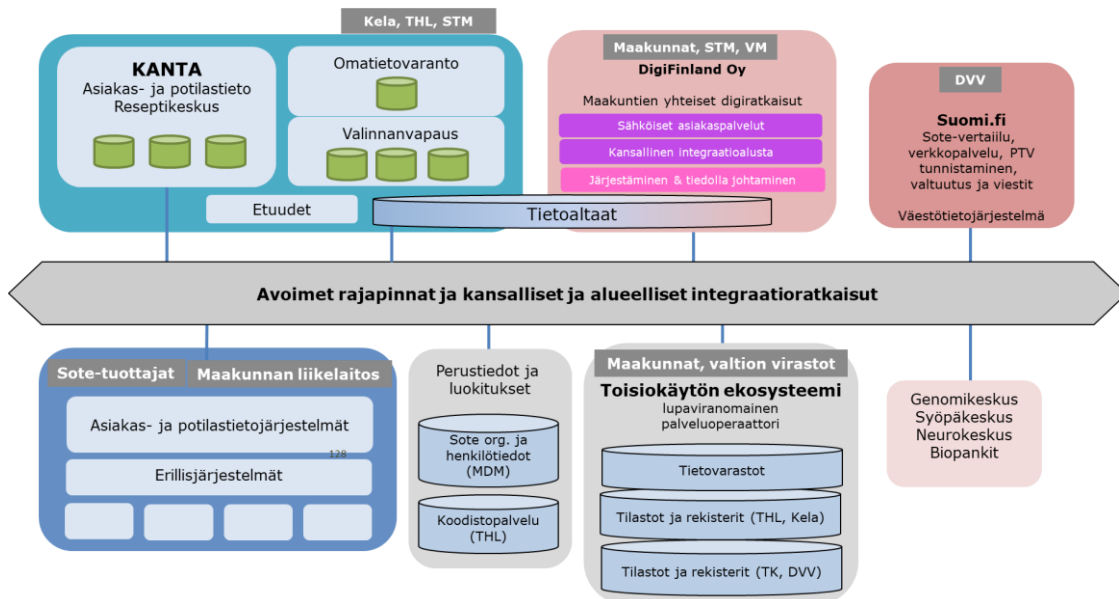
tää IT-henkilöstökuluissa sekä järjestelmien ylläpito- ja lisenssimaksuissa. Keskitetty palvelu tuo myös synergiaedun KELA:n järjestelmien kanssa (KANTA-palvelut). Luotettavien riskianalyysojen ja ennusteiden tekeminen edellyttää mahdollisemman suurta datajoukkoa. Tiedonhallinta-alustan käyttöönotto, potilastietojärjestelmien kehittäminen ja läpimurtoteknologioiden hyödyntäminen ovat edellytyksiä palveluprosessien tehostumiselle ja konkreettisille kustannussäästöille. (Neittaanmäki & Lehto, 2018; Neittaanmäki ym., 2019)

Tiedonhallinta-alustan käyttöönotolle ja siinä tarvittaville ominaisuuksille esitetään kymmenen suositusta.

1. Kehitetään kansallinen ja alueellinen tiedonhallinta-alusta tukemaan sosiaali- ja terveydenhuollon uudistamista edistäviä tavoitteita.
2. Keskitetään kansalliset SOTE-tiedon analysointipalvelut valtakunnalliselle tiedonhallinta-alustalle.
3. Tieto standardisoidaan ja normalisoidaan.
4. Tiedot kootaan KANTA-palveluista ja keskeisiä SOTE-tietolähteistä.
5. Tiedonhallinta-alusta rakennetaan kyberturvalliseksi ”Cyber Security by Design” -periaatteella.
6. Laajennetaan kansalaisten digitaalista palvelualustakokonaisuutta ja mahdollisuutta omadataan hyödyntämiseen.
7. Tiedonhallinta-alusta rakennetaan tukemaan alueita aktiivisessa väestön terveyden ja hyvinvoinnin edistämisessä.
8. Kehitetään yhteistyötä kansalaisten, potilasjärjestöjen, vapaaehtoistyötä tekevien järjestöjen sekä hyvinvointitietoa keräävien organisaatioiden kanssa.
9. Vahvistetaan yhteistyötä kansallisten yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa.
10. Syvennetään yhteistyötä johtavien genomitietoa tuottavien ja hallinnoivien tahojen sekä biopankkien kanssa.

Kela, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Valtiovarainministeriö (VM) sekä kansalliset palvelun tuottajat ja järjestäjät käyttävät SOTE-tietoa kansallisen palveluväylän kautta. Kunnat ja alueet vastaavat asiakas- ja potilastietojärjestelmistä, omahoidon ja sähköisen asioinnin yhteisistä palveluista, jotka sekä tuottavat tietoa, että hyödyntävät muiden järjestelmien tuottamaa tietoa. Alueellisia ja käyttäjän valitsevia ratkaisuja ovat kuntien ja alueiden sähköiset palvelut, applikaatiot ja innovaatioportaali- ja alusta, jotka myös sekä tuottavat tietoa, että käyttävät sitä. Jokainen järjestelmä sosiaali- ja terveydenhuollon tietojärjestelmäratkaisussa siis sekä tuottaa tietoa, että hyödyntää muiden tuottamaa tietoa. Tieto palveluiden ja järjestelmien välillä kulkee kansallisen palveluväylän kautta. Kansallinen palveluväylä on tiedonvälityspalvelu, joka perustuu avoimiin rajapintoihin ja integraatoratkaisuihin. (Neittaanmäki & Lehto, 2018; Neittaanmäki ym., 2019)

Kuvassa on 46 esitetty mallia sosiaali- ja terveydenhuollon tietojärjestelmäkokonaisuudesta.

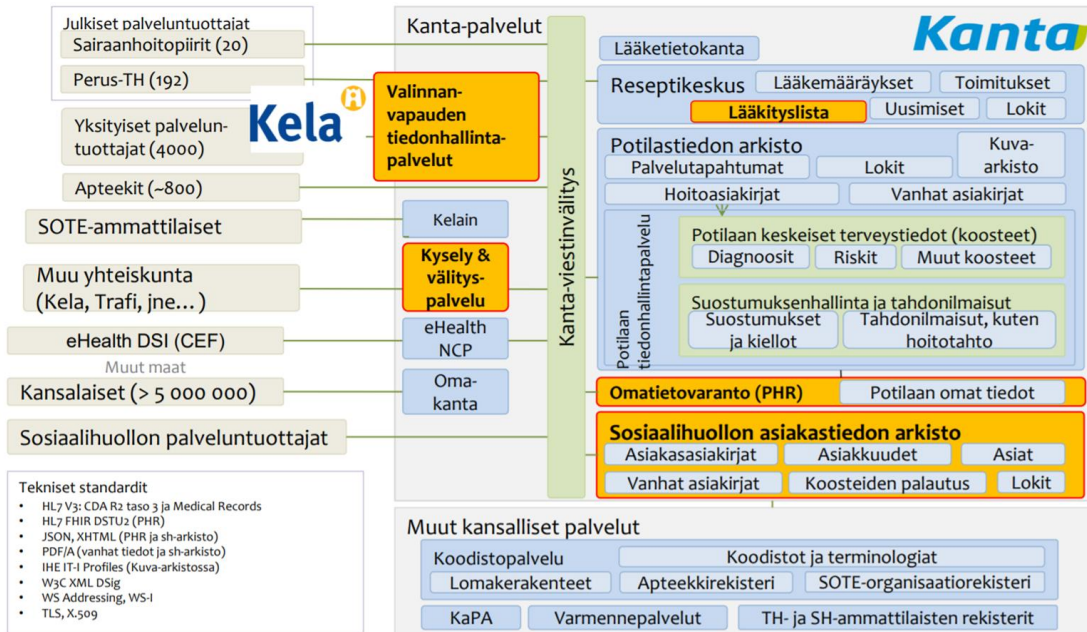


Kuva 46 Sosiaali- ja terveydenhuollon tietojärjestelmäkokonaisuuden malli.

Kanta-palvelut ovat SOTE-digitalisaation keskiössä. Kanta-järjestelmää käyttävät nykyiset 20 sairaanhoitopiiriä ja 192 perusterveydenhuollon yksikköä ja yhteensä noin 1 000 julkisen terveydenhuollon palveluyksikköä. Yksityisiä palveluntarjoajia on noin 4 700 ja noin 800 apteekkia. Tällä hetkellä julkisella sektorilla on mahdollisuus laaja-alaisesti hyväksikäyttää Kanta-palvelun tietoja ja koota tietoja yksittäisen asiakkaan osalta, alueellisesti tai koota erilaisia tietoaimeistokokonaisuuksia. Kanta-palveluiden avain lukuja vuodelta 2019:

- 2,4 miljoonaa Omakannan käyttäjää.
- 20,9 miljoonaa käyntiä Omakannassa.
- 29,3 miljoonaa sähköistä reseptiä.
- 2,8 miljoonaa reseptin uusimispyyntöä.
- 67 miljoonaa lääketoimitusta.
- 10 000 Potilastiedon arkistoa käyttävää toimijaa.
- 2,1 miljardia asiakirjaa Potilastiedon arkistossa.

Kuvassa 47 on esitetty Kanta-palveluiden kokonaisuus.



Kuva 47 Kanta-järjestelmä. (Porrasmäe, 2017; KELA, 2021)

6.2.4 SOTE-kustannusten kasvu tulee taittaa – IT auttaa

Sosiaali- ja terveydenhuollon menojen kasvun taittaminen on välttämätöntä, jotta suurten ikäluokkien ikääntyessä kustannukset pysyvät hallittavissa. Yhteiskunnan tukien kohdentaminen oikein on olennaisen tärkeää menojen hillitsemiseksi, yli 75-vuotiaiden kansalaisten määrä ja kalliin laitoshoidon tarve kasvaa jatkuvasti. Tietojärjestelmien tuki päätöksenteossa auttaa julkisen rahoituksen perusteiden määrittämisestä oikein. (Neittaanmäki & Lehto, 2018; Neittaanmäki ym., 2019)

Sosiaali- ja terveyspalveluiden sekä sosiaaliturvan kustannuskehitykseen vaikuttavat keskeisesti väestön ikääntyminen, kansansairaudet sekä syrjäytyminen. Uuden sukupolven tekoälytuetut IT-järjestelmät tehostavat järjestelmien käyttöä 10–20 %. Kustannusten hillitsemiseen ehdotetut toimenpiteet jakautuvat neljälle alueelle:

1. Tiedolla johtaminen ja tekoälytuettu töiden organisointi,
2. Kansallisen tiedonhallinnan (KELA:n IT-toiminnot) ja keskitettyjen tietojärjestelmien kehittäminen,
3. Tutkimustiedon ja uusien läpimurtoteknologioiden hyödyntämisen nopeuttaminen sekä
4. Kansalaisten omaehtoisen terveyttä edistävän toiminnan lisääminen.

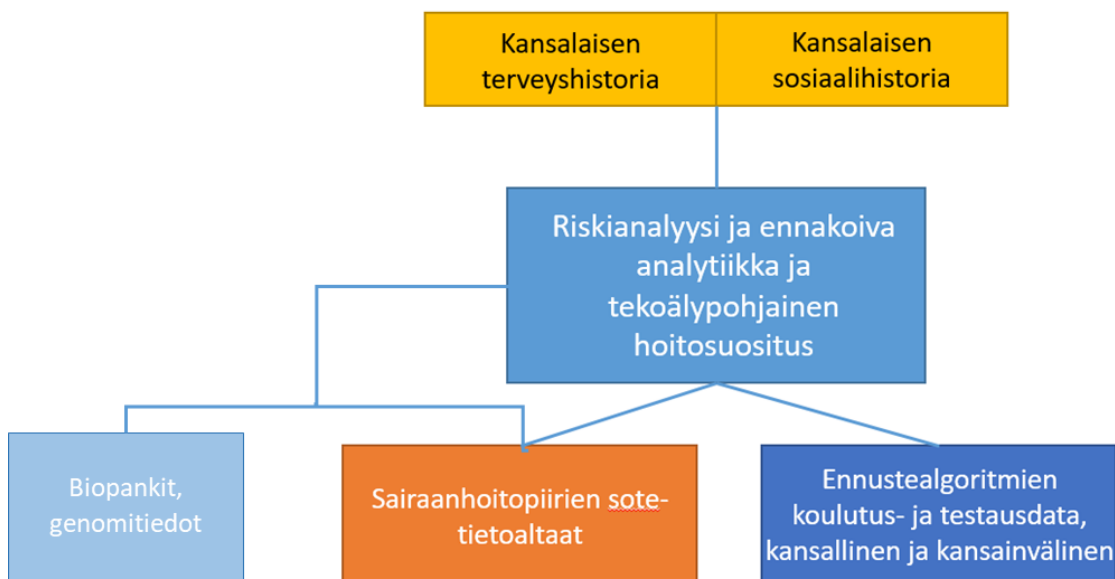
Tekoälypohjaisista sovellutuksista saadaan täysimääräinen hyöty vain, jos järjestelmä pystyy hyödyntämään koko suomalaista SOTE-dataa. Parhaiten tähän pystyvät julkiset organisaatiot, koska niillä on kattavin data. Tässä kappaleessa perustellaan, miksi digitalisaation ja tekoälyn käytön hyödyt saavutetaan vain hyödyntämällä kansalaisten koko SOTE-data mahdollisimman kattavasti. (Neittaanmäki, Ruohonen, Räsänen, 2017)

6.2.5 Tekoäly auttaa terveydenhuollossa

Tekoälypohjaiset ratkaisut riskiryhmien kartoittamiseksi, yksilötason riskien tunnistamiseksi, ennusteiden laatimiseksi ja hoito-ohjeiden yksilöidiksi tarjoamiseksi edellyttävät kansallisen tietoaaltaan sisältämää, kattavaa dataa niin yksilön kuin väestön tasolla. Yksityisillä toimijoilla ei ole riittävästi dataa tekoälyn tehokkaaseen soveltamiseen. Personoitujen hoitopolkujen ja yksilöidyn lääkityksen toteuttaminen vaatii Suomessa pääsyä geenipankki- ja geenidataan sekä muuhun dataan kansallisella tasolla. Paikalliset tai alueelliset populaatiot ovat liian suppeita samankaltaisten ryhmien, kohdistettujen toimien ja näiden vaikuttavuuden mittaamiselle. (Neittaanmäki ym., 2019)

Keskitetyn tietovaraston mahdollistamat analyysit luovat uutta ymmärrystä ja tiedon jalostusarvo nousee. Jotta parhaita käytäntöjä ja yksilön tilannetta ja tarpeita voidaan ymmärtää siitä datasta, joka on jo olemassa, ja se edellyttää, että niin yksilöä kuin toteutettuja toimia ja hoitopolkuja kuvaava data on käytettävissä ja analysoitavissa laadukkaasta ja keskitetystä tietolähteestä. (Neittaanmäki ym., 2019)

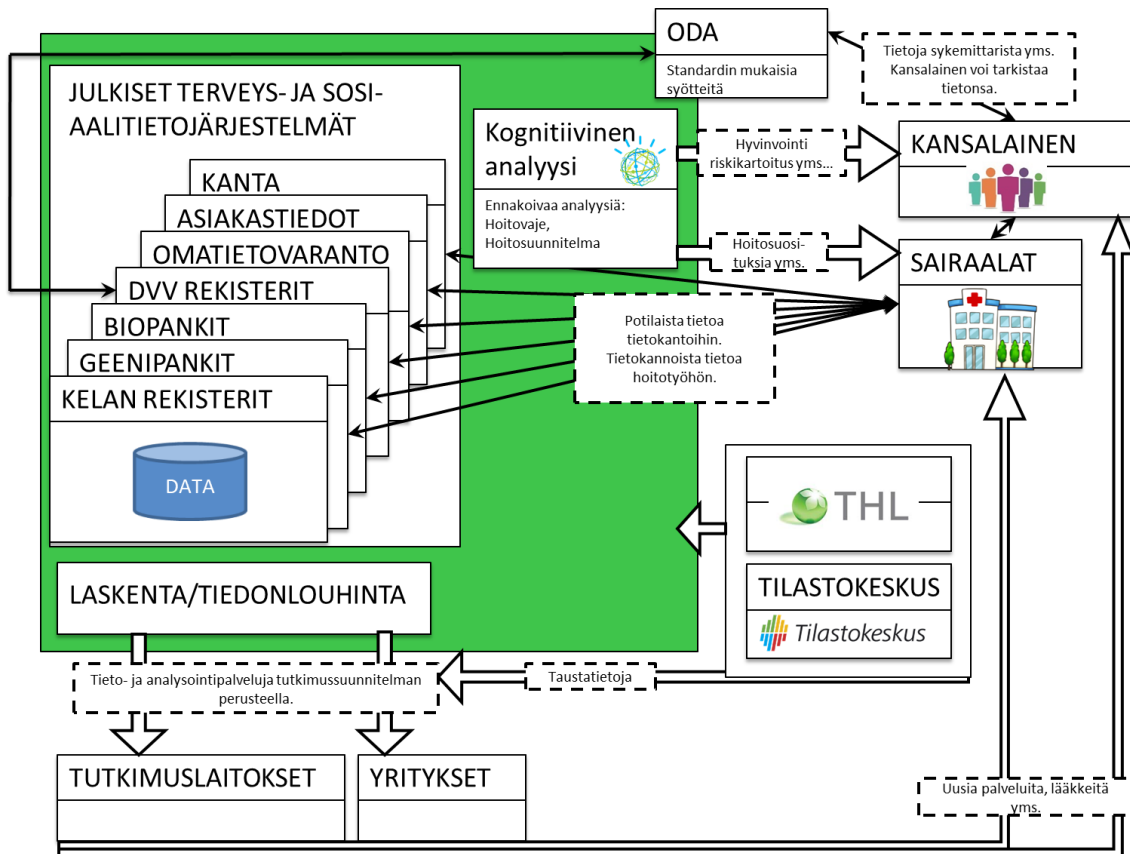
Kuvassa 48 on esitetty rakenne tekoälypohjaisesta riskianalyysistä, ennakoivasta analytiikasta ja tekoälypohjaisesta hoitosuosituksesta.



Kuva 48 Tekoälypohjainen riskianalyysi ja ennakoiva analytiikka, ja tekoälypohjainen hoitosuositus.

Kuvan 48 mukaisen kokonaisuuden toteuttaminen vaatii kansallisen tason julkisen toimijan. Yksityisen sektorin terveydenhuollon toimijoilla on kansalaisesta käytettävissään vain ajallisesti suppea historiatieto, ja rajallinen mahdollisuus täydentää tätä kansallisen KANTA- arkiston tiedoilla. (Neittaanmäki ym., 2019)

Kansallinen terveysdata ja SOTE-järjestelmä kokonaisuutena (kuva 49) tarjoavat monia potentiaalisia käyttökohteita kognitiiviselle analyysille ja data-analytiikalle. Kokonaisuus mahdollistaa useiden erilaisten tutkimusteemojen toteuttamisen eri toimijoiden kanssa.



Kuva 49 Kansallisen sosiaali- ja terveydenhuollon kokonaisuus kognitiivisen analyysin näkökulmasta.

Ratkaisuja ovat erilaiset digitaaliset mobiilit käyttöliittymät (mHealth) ja erilaiset etähoitoratkaisut. Näiden ratkaisuiden avulla voidaan tehostaa potilaan kotoa-kotiin hoitoketjua, vähentää hospitalisaatiota (sairaalassaoloa), tehostaa hoitotoimenpiteitä sekä laadullisesti että taloudellisesti, parantaa kansanterveyttä, vähentää terveyseroja ja samalla pienentää kansallisia SOTE-kustannuksia ja lisätä toiminnan laatua ja tehokkuutta. (Neittaanmäki ym., 2019)

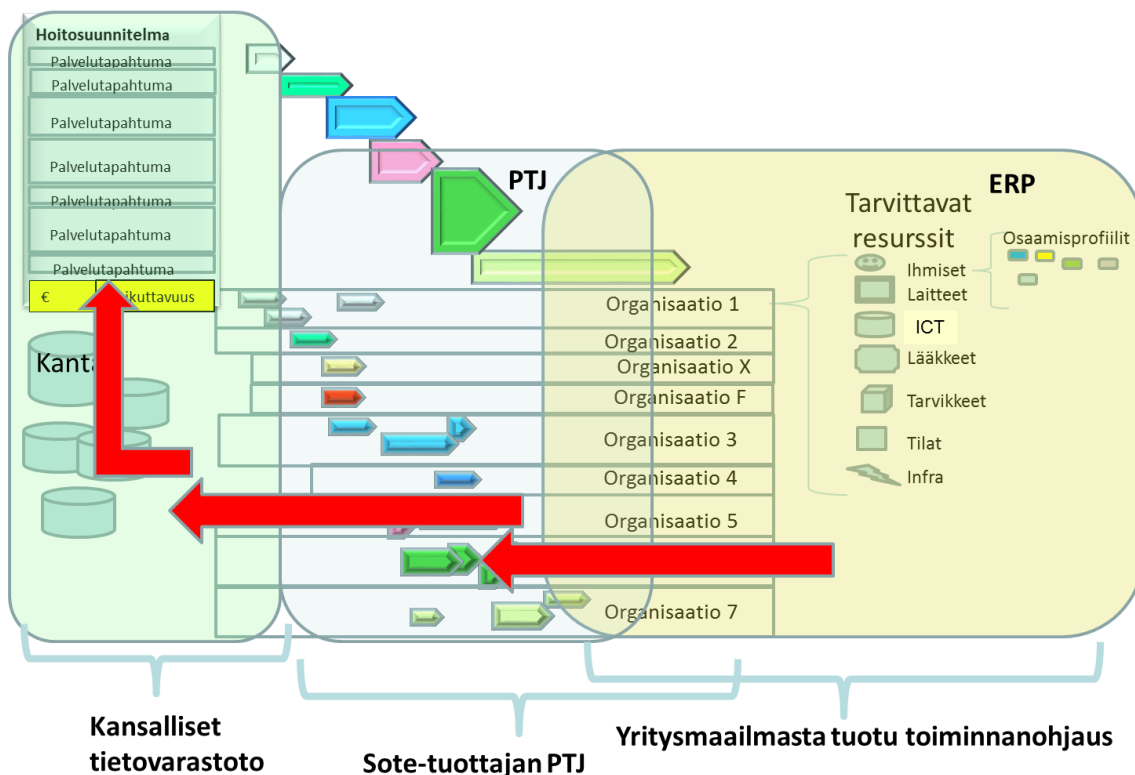
Kokonaisvaltaisessa kansallisessa sosiaali- ja terveydenhuollon hallinnassa erilaisista SOTE-alan tietojärjestelmistä (Kanta, Omakanta), sairaanhoitopiirien ja yksityisten sairaaloiden potilastietojärjestelmät, potilaiden omadata, henkilökohtaisten sensoreiden tuottama data, kliininen data, kuvantamisdata, tutkimusdata ja muut datalähteet) muodostetaan kognitiivisen analyysin avulla relevantteja ratkaisuja sosiaali- ja terveydenhuollon tarpeisiin. Kognitiivisen analyysin avulla voidaan saavuttaa mm. seuraavia etuja ja hyötyjä:

- Näkymä yksilön/shp:n/kansalliseen terveydentilaan,
- Riskityhmien identifiointi,
- Potilaan hoitovaje ja kustannukset,
- Kliinisen päätöksenteon tuki,
- Interventiosuosituksia,
- Sairauksien aikainen havaitseminen ja tunnistaminen,
- Kliinisen tutkimuksen tuki,

- Hoitotoimenpiteinen kokonaisvaltainen koordinointi,
- Terveyden ja hyvinvoinnin tuki.

(Neittaanmäki ym., 2019)

Organisaatiot hyötyvät kognitiivisista järjestelmistä, niiden mahdollistaessa asiantuntijuuden nopean kehittymisen ja sen jakamisen kaikille tarvitsijoille. Parhaiden asiantuntijoiden tietotaito saadaan nopeasti kaikkien käyttöön, kun heidän osaamistaan vastaava aihealue opetetaan kognitiiviselle järjestelmälle sen käyttöönoton alussa. Käytön myötä järjestelmä antaa entistä osuvampia vastauksia ja lopulta niiden tarkkuus on jopa asiantuntijoita korkeampi. Kuvassa 50 on esitetty automatisoitu, mukautuva ja yksilöllinen hoitosuunnitelma. (Neittaanmäki ym., 2019)



Kuva 50 Automatisoitu, mukautuva ja yksilöllinen hoitosuunnitelma. (Juhani Paavilainen, KSSHP)

Sosiaali- ja terveysministeriö käynnisti vuonna 2018 Hyvinvoinnin tekoäly ja robotiikka -ohjelman eli hyteairo-ohjelman, joka päättyy vuoden 2021 lopussa. Se tukee ja vauhdittaa tekoälyn ja robotiikan hyödyntämistä. Hyteairo on avoin eri osapuolien yhteinen ohjelma yhteydenpitoon sekä kehittämiseen. Hyvinvoinnin AiRo-ohjelman tavoitteena on:

- Nopeuttaa tekoälyn ja robotiikan hyödyntämistä hyvinvointialan palveluissa ja toimintaprosesseissa

- Selvittää ja poistaa esteitä ja luoda edellytyksiä tekoälyn ja robotiikan kehittämiseksi ja käytölle hyvinvointialalla
- Edistää alan AiRo-teknologioiden liiketoimintaa Suomessa ja vientiä.

(STM, 2018)

Ohjelma painopistealueet ja keskeiset hyödyntämiskohteet on esitetty kuvassa 51:



Kuva 51 Keskeiset hyödyntämiskohteet ja edellytyksiä tuovat toimenpiteet. (STM, 2018)

Tähän mennessä Hyteairo-ohjelman omat julkaisut ja selvitykset:

1. Kotona asuminen

[Kotona asumista tukeva teknologia - kansallinen toimintamalli ja tietojärjestelmät \(KATI-malli\)](#)

2. Keskusteleva sote-tekoäly

[Keskustelevan tekoälyn rooli sosiaali- ja terveydenhuollossa \(pdf 1,19 Mt\)](#)

[Keskusteleva tekoäly sotessa - tiivistelmä \(pdf 264 kt\)](#)

[Link to summary on Conversational Artificial Intelligence \(PDF, 296 kB\)](#)

3. Tekoäly analytiikassa

[Toisilain vaikutukset tutkimukseen ja data-analytiikan sovelluksiin](#)

5. Osaamisen kehittäminen

[Tekoäly ja robotiikkahyvinvointi-, sosiaali- ja terveysaloilla ammattikorkeakouluissa](#)

6. Vaikutusten ja vaikuttavuuden arviointi

[Tulokset Hyteairo- kyselyyn: "Ilmianna hyvinvointiteknologian vaikutusraportti"](#)

7. Kansainvälinen yhteistyö

JPI:n raportti, Suomen osiossa mukana Hyteairo-koordinaatio

["Ageing and technologies - Creating a vision of care in times of digitization"](#)

(STM, 2021)

Lähteet

KELA. 2021. Kanta, on-line info.

https://www.google.com/search?q=kanta+j%C3%A4rjestelm%C3%A4&rlz=1C1GGRV_enFI751IE751&oq=kanta+j%C3%A4rjestelm%C3%A4&aqs=chrome..69i57j0j0i22i30j0i10i22i30j0i22i30.7366j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Neittaanmäki P. & Lehto M. 2018. Suomen kansalliset SOTE-tiedon lähteet ja tietojen hyödyntäminen, Jyväskylän yliopisto, IT-tiedekunta, tutkimusraportti, 49/2018.

Neittaanmäki P., Lehto M., Kaasalainen K., Ruohonen T., Karla T. 2019. Suomen terveysdata ja sen hyödyntäminen, VFH ja WHC-hankkeiden loppuraportti n:ro 4, Jyväskylän yliopisto, IT-tiedekunta, 2019.

Neittaanmäki P., Ruohonen T., Räisänen J. 2017. Sote IT järjestelmäkokonaisuus.

<https://www.jyu.fi/it/fi/tutkimus/julkaisut/tekes-raportteja/sote-it-jarjestelmakokonaisuus.pdf>

Porrasmaa J. 2017. Kansallinen palveluarkkitehtuuri ja Kanta Liikkuuko tieto ja miten? 30.5.2017.

Porrasmaa J., Kärkkäinen A., Jalonen M., Hyppönen K., Alkula R., Rahkila-Bergström R., Rötä M., Komulainen J., Poutanen M. 2016. Sosiaali- ja terveydenhuollon kokonaisarkkitehtuuri - SOTE-yhteiset palvelut ja terveydenhuolto 2020, STM:n raportteja ja muistioita 2016:28

STM. 2018. Hyvinvoinnin AiRo-ohjelma#hyteairo, on-line julkaisu. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160988/STM_hyteairo_julkaisu_fi_nal.pdf?sequence=1&isAllowed=y

STM. 2021 Hyvinvoinnin tekoäly ja robotiikka -ohjelma (Hyteairo), on-line info.

<https://thl.fi/fi/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimukset-ja-hankkeet/hyvinvoinnin-tekoaly-ja-robotiikka-ohjelma-hyteairo>

7 DIGITAALINEN TEKOÄLYTUETTU KOULUTUS- JA OPPIMISJÄRJESTELMÄ

“Technology is just a tool. In terms of getting the kids working together and motivating them, the teacher is most important.”

– Bill Gates, Microsoft chairman and chief executive officer.

7.1 Digipedagogiikka

Tieto- ja viestintäteknologian (TVT) käyttöä opetuksessa on tutkittu 1980-luvulta lähtien. Oppimisessa on olennaista tiedon jäsentyminen ja tietoperustan vahvuus. Syvällisen oppimisen ja ymmärtämisen kannalta oppijalla tulee olla taito ohjata, säädellä ja arvioida omaa ajatteluaan. TVT:n avulla voidaan yksilön oppimista tukea ainakin seuraavasti:

- Vuorovaikutus teknologian kanssa simulaatio, robotiikka ja automaatioympäristöissä,
- Työskentely teknologian kanssa vahvistaa kognitiivisia taitoja, esimerkiksi ongelmanratkaisussa,
- TVT:n avulla voidaan luoda yhteisöllinen oppimisympäristö (verkko-opetus), jossa voidaan saavuttaa laajempia kognitiivisia toimintoja.

(Järvelä, Häkkinen, Lehtinen, 2006)

TVT:n kehitys on ollut nopeaa. Oppimisen ja opetuksen tukena olleet järjestelmät olivat hyvin erilaisia 1996 tai 2006 tai tänä päivänä. Ne tulevat olemaan hyvin erilaisia tulevaisuudessa.

Kognitiivisten perustaitojen (lukeminen, laskeminen, kirjoittaminen) lisäksi tarvitaan oppimisen taitoja ja kykyä ajatella itsenäisesti. Metakognition avulla oppija kykenee ”ajattelemaan ajattelua” ja ohjaamaan ajattelun toimintoja itsenäisesti ja joustavasti eritilanteissa. Metakognitiivisilla kyvyillä on vaikutus oppimistuloksiin ja oppijan metakognition tukemisessa oppimisen ohjaus on tärkeää. Ohjauksessa opettaja/ohjaaja tukee oppijan ajattelu- ja oppimisprosesseja tavalla, joka auttaa oppijoita rakentamaan oman ratkaisunsa esillä olevaan ongelmaan. Tätä tukea voidaan antaa TVT-toimintaympäristössä, jossa oppijaa autetaan orientoitumaan tehtävään ja organisoimaan sen rakennetta, fokusoimaan oppijaa ongelmanratkaisun kannalta keskeisiin ydinkohtiin, tekemällä visualisoinnin, simuloinnin ja mallintamisen avulla käsiteltävä ongelma paremmin näkyväksi ja käsiteltäväksi sekä luomalla oppijoiden, asiantuntijoiden ja opettajien välinen yhteistoiminta- ja vuorovaikutusverkosto. Luokkaympäristössä tällainen ratkaisu auttaa opettajaa keskittymään niihin oppijoihin, jotka tarvitsevat enemmän apua. Kognitiivinen tuki simulaatioiden avulla auttaa oppijoita keskittymään vaativiin osioihin harjoittelussa ja etenemään ongelmatilanteiden ratkaisuisissa osaamisensa ja ymmärtämisensä mukaisesti. Tarvittaessa simulaatioympäristö ohjaa kohti oikeaa toimintatapaa tai ratkaisua. (Iskala & Hurme, 2006)

Oppimisessa korostuu yhteisöllisyys ja kollaboraatio. TVT:n avulla voidaan luoda esillä olevan tutkimustehtävän/oppimistehtävän ympärille verkosto, joka mahdollistaa yhdessä tekemisen ajasta ja paikasta riippumatta sekä ryhmän ulkopuolisen asiantunteumuksen hyväksikäytön. Perusajatus on, että jokaisella ryhmän jäsenellä on relevanttia tietoa ja osaamista, jota voidaan hyödyntää yhteiseksi hyväksi. Näin muodostuu jaettu asiantuntijuus, jossa verkkotyöskentely on keskeisessä roolissa. Opettajalta vaaditaan uusia kykyjä ja toimintatapoja, jotta esimerkiksi verkkotyöskentelyssä olevat haasteet voidaan tunnistaa ja hallita riittävällä ohjauksella samalla kun jätetään tilaa oppijan omille ajatuksille ja metakognitiiviselle toiminnalle. (Iskala & Hurme, 2006)

Aikoinaan TVT-välineitä käytettiin opetuksen tukena niiden välinearvon vuoksi kiinnittä-mättä huomiota niiden pedagogiseen arvoon. Näin opiskelusta tehtiin helpompaa ja hauskeempaa. Tällä hetkellä digitaalisia opetusvälineitä tulee kehittää pedagogisesta näkökulmasta tavoitteena merkityksellinen oppiminen. Tällainen oppiminen ei aina välttämättä ole helppoa, mutta se tuottaa lisäarvoa oppimiseen. TVT:n käytöllä voidaan auttaa oppijaa aktiivisempaan ja itsenäisempään opiskeluun, kuin mihin hän muuten olisi valmis. Digitaalinen oppimisympäristö voi myös saada oppijalle aikaan ”omistajuuden” tunteen oppimistapahtumaan. Pedagogisesti oikein toteutetulla ja tilanteenmukaisella digitaalisella oppimisympäristöllä ja -välineillä voidaan vahvistaa niin sisästä kuin ulkoista motivaatiota sekä kiinnostuneisuutta ja kiinnostavuutta. Samalla oppimisen merkityksellisyys kasvaa, kun oppimisprosessista voidaan tehdä yksilöllisempi. Motivaation säilyttäminen edellyttää TVT:ltä jatkuvaa kehittämistä ja päivittämistä. Käytettävien välineiden, ohjelmien, sovellusten ja digitaalisten palveluiden tulee olla ajantasaisia, laadukkaita ja toimivia. (Vermans & Tapola, 2006)

Tämän hetken nopeasti uudistuvassa sovellusten ja applikaatioiden maailmassa oppijat odottavat samaa uudistumiskykyä digitaalisilta oppimisympäristöiltä. Motivaation kanalta TVT-toimintaympäristöön tulee myös ylläpitää sosiaalista läsnäoloa ja kontaktia oppijan ja opettajan välillä. (Vermans & Tapola, 2006)

TVT:n merkitys oppimisen ja motivaation säätelyssä on moniulotteinen. Parhaimmillaan digitaaliset oppimisympäristöt toimivat oppimisen tuki- ja strukturointivälineinä. Hyvin suunniteltuna ja toteutettuna TVT tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia oppimiselle. Teknologia asettaa myös haasteita oppijoille edellyttäen heiltä taitoa säädellä omaa oppimista ja motivaatiota sekä hallita omia emootioita. Lisäksi oppimiseen liittyy yhteisöllistä oppimista ja ryhmissä yhteisiä ja jaettuja säätelyprosesseja. Jaetulla säätelyllä haetaan yhteisiä pyrkimyksiä ratkaista ryhmän kohtaamia emotionaalisia ja motivaatioon liittyviä haasteita. Tähän TVT antaa oikein toteutettuna mahdollisuuksia ryhmähengelle ja tiimien muodostukselle. (Järvenoja & Järvelä, 2006)

Käytettäessä teknologiaa opetuksessa tulee koko digitaalinen oppimisympäristö suunnitella, rakentaa ja kehittää pedagogisena systeemisenä kokonaisuutena. Teknologiaavetoisuutta kehittämisessä voidaan tasapainottaa sosioteknisen systeemiteorian avulla. Ajatuksena on, että systeemin tai organisaation eri osatekijät ovat kiinteässä vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Systeeminäkökulmassa tarkastellaan oppimisympäristöjä kokonaisuutena eikä vain yksittäisinä laitteina, ohjelmina tai sovelluksina. Tarkastelussa

mietitään kukin systeemin osa pedagogisesta näkökulmasta ja määritellään mitkä osat kannattaa toteuttaa digitekniikan avulla ja mikä osa on järkevää toteuttaa ilman teknologia tukea. Näin tarkastellaan opetusta ja oppimisympäristöä toisistaan riippuvina elementteinä, jossa kutakin osatekijää tarkastellaan kokonaisuuden kannalta. Systeeminen näkökulma helpottaa myös uuden teknologian käyttöönottoa, kun teknologia ja sosiaaliset käytännöt on otettu huomioon holistisesta näkökulmasta. Näin oppimiseen liittyvä systeemi voidaan kuvata sosiaalisten, pedagogisten ja teknologisten ulottuvuuksien näkökulmasta. (Lipponen & Lallimo, 2006)

7.2 Uuden sukupolven digitaaliset oppimisen ratkaisut

Digitalisaation kehitys antaa mahdollisuuden aivan uudelle digioppimiselle ja digiopettamiselle:

- Läsna-äly muuttaa tarvetta oppia muistamalla
- Tilalle tulee kyky hahmottaa kokonaisuuksia, yhdistellä asioita
- Syntyy tarve kehittää adaptiivista oppimisanalytiikkaa, kognitiivista laskentaa, tekoälyä, koneoppimista, laskennallista ajattelua, systeemiajattelua ja data-analytiikkaa, jonka keskeisenä ominaisuutena on oppimisympäristön optimointi täyttämään yksilön tarpeita ja valmiuksia niin että oppimistulos on hänen kannaltaan paras mahdollinen

Digitaalisuus mahdollistaa eri palveluiden välinen yhteistyö, jotta voidaan luoda kokonaan uusia palvelukonsepteja. Suomeen voitaisiin rakentaa kaikkia koulutusasteita koskeva kansallinen digitaalinen koulutus- ja oppimisjärjestelmä. Kansallinen maailmalajuisesti kehityksen kärkeä edustava digitalisoitu sosiaali- ja terveystietojärjestelmä Kanta tietoaarkistoinen on hyvä esimerkki myös kansalliselle koulutusalan ratkaisulle.

Oppimisen ratkaisuilla tarkoitetaan koulutusjärjestelmän eri vaiheisiin sekä informaaleihin oppimistilanteisiin suunnattuja ratkaisuja, kuten innovatiivisia oppimistiloja, mobiilioppimisen sovelluksia, pelinomaisia oppimisympäristöjä, sähköisiä oppimateriaaleja ja arviointijärjestelmiä sekä näitä integroivaa digitaalista palvelin pohjaista oppimiskeskusta. Oppimisen ratkaisut ovat perustana avoimen ja joustavan digitaalisen koulun rakentumiselle. Oppimisen ratkaisuilla on kaksinainen merkitys ja tarve: toisaalta ne mahdollistavat entistä tehokkaammat ja samalla laadukkaammat julkiset palvelut ja toisaalta niillä on kasvavat markkinat niin kotimaassa kuin ulkomailla. (Lehto & Neittaanmäki, 2020)

Näiden ratkaisujen kehittäminen edellyttää syvällistä ja monitieteistä ymmärrystä oppimisen peruseräiteista sekä mahdollisuuksista näiden entistä korkeatasoisempaan edistämiseen ihmisen elämänskaaren eri vaiheissa sekä arjen eri tilanteissa. Olennaista on kyky ymmärtää ihmistä sekä heidän nykyisiä ja tulevia tarpeitaan. Tällaisten ihmislähtöisten ratkaisujen kehittämisessä on keskeisessä roolissa teknologiset ratkaisut sekä teknologioita hyödyntävät skaalautuvat palvelut. Näiden kehittämisessä on olennaista uusien liiketoimintamahdollisuuksien tunnistaminen ja markkinoiden rakentaminen

sekä avainverkostojen rakentaminen erityisesti liiketoiminnan ja rahoituksen kumppaniverkostoihin. Oppimisen ratkaisujen laaja-alaisessa käyttöön saamisessa ja levittämisessä tarvitaan lisäksi tietämystä koulutusalan toimintakentän rakenteesta ja toimintalogiikasta. (Lehto & Neittaanmäki, 2020)

Digitaalisen koulun kehittämisessä keskeisiä kehittämisperiaatteita ovat:

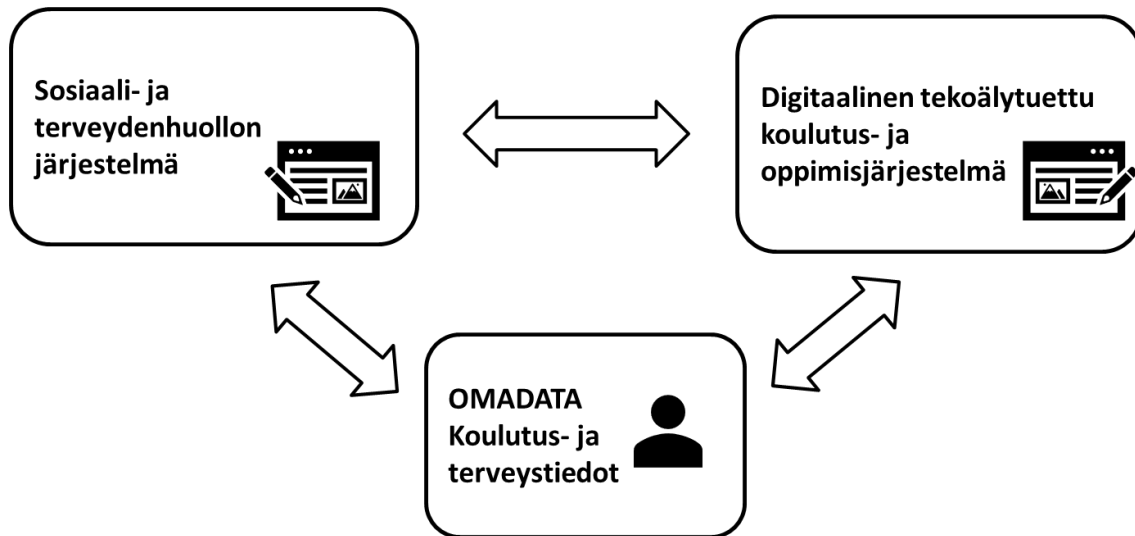
- 1) Joustavaan, yksilöllinen ja monimuotoinen opiskelu,
- 2) Pedagogiset periaatteet,
- 3) Modernit oppimistilat,
- 4) Digitaalinen oppimiskeskus ja systemiset oppimiskäytännöt
- 5) Yksilöllinen ohjaus ja tuki,
- 6) Helposti hyödynnettävä ja teknisesti ajan tasalla oleva infrastruktuuri,
- 7) Tietotekniikan opetuskäyttöön fokuoituva opettajakoulutus

7.3 Digitaalinen koulutus- ja oppimisjärjestelmä

Digitaalinen koulutus- ja oppimisjärjestelmä voidaan rakentaa samaan tapaan kuten STM on rakentanut kansallisen SOTE-järjestelmän Kanta-palveluineen. Kansallisen järjestelmän keskeisenä ytimenä olisi Kanta-järjestelmää vastaava oppilastietojärjestelmä ja digitaalinen sisältöalusta oppimateriaalikeskuksineen, jossa perinteisten sisällön tuottajien ja kirjakustantajien lisäksi yliopistoilla, oppimiskäytännöjä tarjoavilla yrityksillä, YLE:llä ja lehtikustantamoilla voisi olla keskeinen rooli.

Kirjakulut peruskoulussa, lukiossa ja ammatillisessa koulutuksessa ovat vajaa 200 miljoonaa euroa vuodessa. Tästä sisällöntuottajien osuus on alle 20 %. Keskitetyssä oppimateriaalituotannossa sisällön tuottamiseen tulee panostaa enemmän, koska perinteiset kirjojen kustannus-, painamis- ja jakelukulut jäisivät pois. Mediatulojen osaksi koululaitosta toisi tiedon reaaliaikaisuuden osaksi koululaitosta. Kirjakulut ovat 10 vuodessa noin 2 miljardia euroa. Digitaalisen järjestelmän rakentamiskuluissa tulee huomioida merkittävä säästö, joka saadaan kirjakuluissa (vähintään 1 miljardi euroa 10 vuodessa) ja lisäksi tehostunut koulutustoiminta. (Lehto & Neittaanmäki, 2020)

Kuvassa 52 on esitetty SOTE-järjestelmän, digitaalisen tekoälytuetun koulutus- ja oppimisjärjestelmän sekä oppijan Omadatan muodostama kokonaisuus.



Kuva 52 SOTE-järjestelmän, digitaalisen tekoälytuetun koulutus- ja oppimisjärjestelmän sekä oppijan Omadatan muodostama kokonaisuus.

Digitaalinen tekoälytuettu koulutus- ja oppimisjärjestelmä rakentuisi SOTE-IT -järjestelmän mallin mukaisesti sisältäen erilaisia tietovarantoja, palvelukokonaisuuksia ja toimintaympäristöratkaisuja. Järjestelmän arkkitehtuurissa käytettäisiin hyväksi SOTE-IT -järjestelmän arkkitehtuuriratkaisuja ja -malleja. (Lehto & Neittaanmäki, 2020)

Kehitettävä kansallinen digitaalinen tekoälytuettu koulutus- ja oppimisjärjestelmä muodostuu oppijan omatiedosta ja valtakunnallisesta digitaalisesta sisältö- ja palvelualustasta (MIKAEL), joihin liittyy uuden sukupolven digitaalisen koulun (AGRICOLA) digitaalinen oppimisympäristö ja koulun oppilasarkisto. Tähän oppija liittyy käyttöliittymällään ja häntä avustaa hänen digitaalinen omaopettajansa. (Lehto & Neittaanmäki, 2020)

A. Omatieto ja digitaalinen sisältö- ja palvelualusta

Oppijan omatieto

Digitaalisessa opiskelussa keskeiseksi nousee oppijan omassa hallussa oleva omatieto (MyData). Omatieto sisältää tietoja suoritetuista opinnoista, henkilökohtaisesta osaamisesta ja kyvykkyydestä sekä työurasta.

Valtakunnallinen digitaalinen sisältö- ja palvelualusta, MIKAEL

Tietoturvallinen valtakunnallinen sisältö- ja palvelualusta koostuu kolmesta kokonaisuudesta:

- Kansallisesti tuotettu, valvottu ja hallinnoitu oppimateriaalikeskus,
- Internetissä oleva tietoympäristö ja tietovarannot,
- Ei-digitaaliset tietovarannot.

Yksittäisten järjestelmien ja ratkaisujen tarjoajia on sekä Suomessa että maailmalla. Hyviksi arvoidut ratkaisut hyväksytään sisältöalustaan ja ne liitetään osaksi kokonaisuutta. Suomessa on monia hyviä ratkaisuja kuten Peda.net.

B. Uuden sukupolven tekoälytuettu digitaalinen koulu, AGRICOLA

Digitaalinen oppimisympäristö

Digikoulun tietoturvallinen digitaalinen oppimisympäristö koostuu kolmesta kokonaisuudesta:

- Digitaalinen virtuaalikoulu,
- Digitaalisesti tuettu luokkaympäristö,
- Digitaalinen tutkimus- ja laboratorioympäristö.

Koulu osa digitaalisia palveluita. Lapset ja nuoret ovat tottuneet käyttämään digitaalisia palveluita älypuhelimien tai tabletin välityksellä. On luontevaa, että uusi koulujärjestelmä integroidaan osaksi digitaalista palvelujärjestelmään ja sen tarjoaman valmista infrastruktuuria ja globaalia sisältötarjontaa.

Oppilasarkisto

Kuhinkin kouluun ja oppilaitokseen muodostuu oppilaista oppilastietokanta (oppilasarkisto), johon arkistoidaan oppilaiden suoritusrekisterit, oppilashuoltokertomukset, tietoja terveydentilasta sekä henkilökohtainen oppimisen järjestämistä koskeva suunnitelma (HOJKS). Näin voidaan synnyttää kuva oppijan jaksamisesta sekä vireys- ja terveystilasta.

C. Oppijan toimintaympäristö

Oppijan digitaalinen omaopettaja

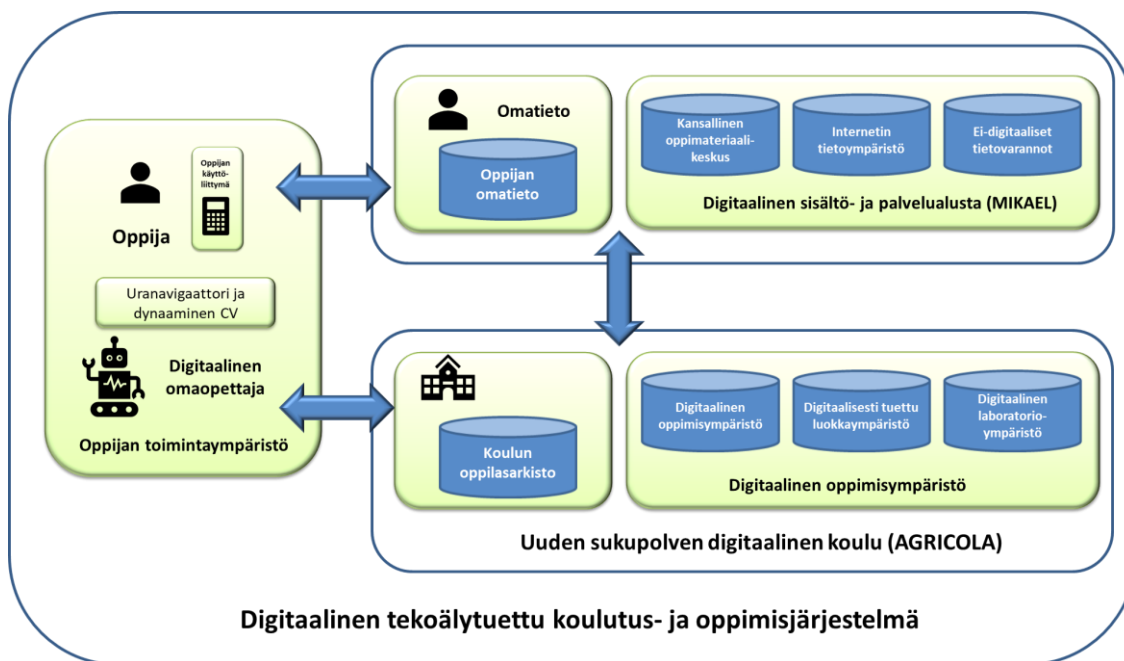
Kognitiivisen laskennan, tekoälyn ja koneoppimisen kehitys mahdollistavat henkilökohtaisen digitaalisen omaopettajan rakentamisen. Pitkäaikainen oppimisdata ennustaa menestyksen ja pitkittäisdata kertoo oppijan mentaalisen kehityksestä. Oppija hankkii lisäosaamista omaopettajan ohjaamana. Henkilö testaa osaamistaan ja globaali järjestelmä testaa osaamisen ja suosittaa koulutusta. Omaopettajasta muodostuu globaali "työnvälitystoimisto", head-hunter, opinto-ohjaaja ja kouluttaja.

Oppijan käyttöliittymä on kosketusnäytöllinen päätelaite (älypuhelin, tablet- tai perinteinen kannettava tietokone). Älypuhelin on aina mukana ja voidaan puhua koulusta taskussa tai taskukoulusta.

Oppijan dynaaminen CV ja uranavigaattori

Varttuneille oppijoille on käytettävissä dynaaminen CV ja uranavigaattori. Oppija kykenee esimerkiksi luomaan dynaamisen ansioluettelon (CV) ja kokoamaan siihen, vaikka yhdelle sivulle kaikki halutut linkit eri sosiaalisen median kanaviin, lisäämään videoita tai ääniraitoja.

Kuvassa 53 on esitetty malli Suomen digitaalisesta tekoälytuetusta koulutus- ja oppimisympäristelmästä.



Kuva 53 Suomen digitaalinen tekoälytuettu koulutus- ja oppimisjärjestelmä.

Kun tähän kansalliseen digitaaliseen tekoälytuettuun koulutus- ja oppimisympäristöön liitetään SOTE-järjestelmän palvelut, saadaan Suomeen ensimmäisenä maailmassa rakennettua digitaalinen SOTE- ja koulujärjestelmä. (Lehto & Neittaanmäki, 2020)

Esitetystä konseptista oppimateriaalikeskus mahdollistaa lasten ja nuorten käyttämän opetusaineiston laadun ja luotettavuuden. Materiaali on jo nykyään monikanavainen, perinteinen kirja on vain yksi kanava ja uudessa järjestelmässä materiaalin hyväksyttävyyttä ja luotettavuutta valvotaan. Järjestelmä mahdollistaa yksilöllisen tekoäly tuetun oppimisympäristön ja tukee opettajan työtä. Oppijan oppimiskehitys jää lokitietoihin ja järjestelmässä taataan kansainvälisen tason korruptoitumaton oppimisympäristö. Koululaitoksen on siirryttävä samantasoiseen digiympäristöön missä lapset ja nuoret ovat vapaa-aikanaan. Keskeisenä vaatimuksena on, että digitaalisessa oppimisympäristössä tulee olla riittävät tietoturvallisuusratkaisut. (Lehto & Neittaanmäki, 2020)

Lähteet

Iskala Tuike, Hurme Tarja-Riitta, Metakognitio teknologisissa oppimisympäristöissä, kirjassa Järvelä Sanna, Häkkinen Päivi, Lehtinen Erno (toim.), Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö, WSOY, Porvoo 2006, s. 40–60.

Järvelä Sanna, Häkkinen Päivi, Lehtinen Erno (toim.). 2006. Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö, WSOY, Porvoo.

Järvenoja Hanna ja Järvelä Sanna, Motivaatioiden ja emootioiden säätely oppimisprosessien aikana, kirjassa Järvelä Sanna, Häkkinen Päivi, Lehtinen Erno (toim.), Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö, WSOY, Porvoo 2006, s. 85–102.

Lehto M., Neittaanmäki P. 2020. Suomen tekoälytuettu digitaalinen SOTE- ja koulujärjestelmä 2025, Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisu No. 84/2020.

- Lipponen Lasse ja Lallimo Jiri, Oppimisen infrastruktuurit ja teknologia yhteisöllinen käyttö, kirjassa Järvelä Sanna, Häkkinen Päivi, Lehtinen Erno (toim.), Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö, WSOY, Porvoo 2006, s. 167–180.
- Veermans Marjaana ja Tapola Anna, Motivaatio ja kiinnostuneisuus, kirjassa Järvelä Sanna, Häkkinen Päivi, Lehtinen Erno (toim.), Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö, WSOY, Porvoo 2006, s. 65–84.

LIITE 1 Eniten T&K-varoja käyttävä yritykset

Yksi tärkeimmistä indikaattoreista siitä, kuinka paljon yritys tukee innovaatioita, on se, kuinka paljon he käyttävät tutkimukseen ja kehitykseen. Kaiken kaikkiaan 1000 suurinta yritystä käytti vähintään yhteensä 858 miljardia dollaria tutkimukseen ja kehitykseen vuonna 2018. Tästä voidaan ekstrapoloida, että maailmanlaajuiset T&K-menot ovat noin 2 biljoonaa dollaria vuodessa.

Oheisessa taulukossa on esitetty 100 yritystä, jotka käyttivät eniten tutkimus- ja kehitys-varoja vuonna 2018 (miljardia US\$). Keskeisiä IT-yrityksiä merkitty punaisella.

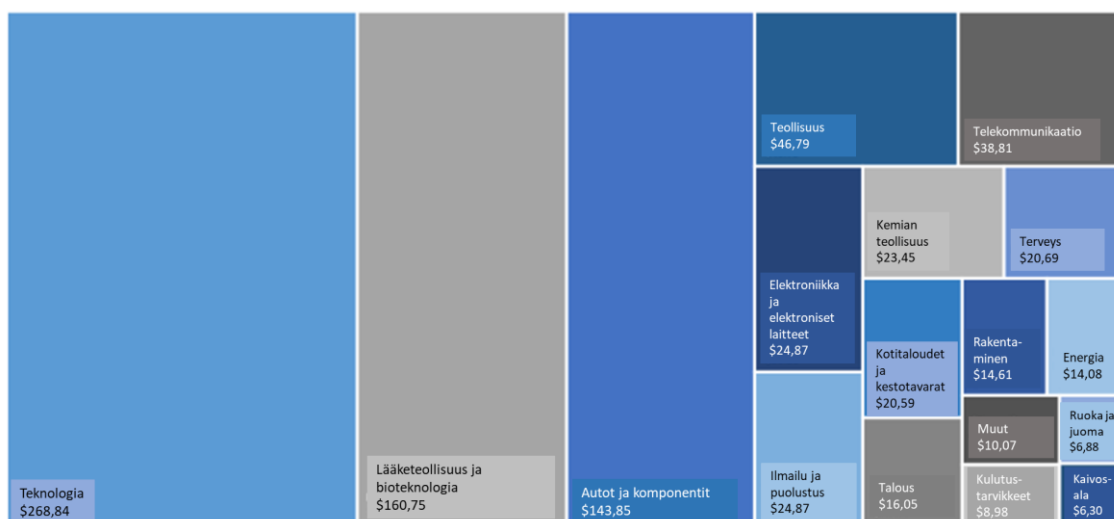
Rank	Company	Country	Revenue	R&D	R&D intensity
1	AMAZON.COM	US	\$177.87	\$22.62	12.72%
2	ALPHABET	US	\$110.86	\$16.23	14.64%
3	VOLKSWAGEN	Germany	\$277.00	\$15.77	5.69%
4	SAMSUNG	South Korea	\$224.27	\$15.31	6.83%
5	MICROSOFT	US	\$110.42	\$14.74	13.34%
6	HUAWEI	China	\$92.75	\$13.60	14.66%
7	INTEL	US	\$62.76	\$13.10	20.87%
8	APPLE	US	\$229.23	\$11.58	5.05%
9	ROCHE	Switzerland	\$57.20	\$10.80	18.89%
10	JOHNSON & JOHNSON	US	\$76.45	\$10.55	13.81%
11	DAIMLER	Germany	\$197.20	\$10.40	5.27%
12	MERCK US	US	\$40.12	\$10.21	25.44%
13	TOYOTA MOTOR	Japan	\$259.85	\$10.02	3.86%
14	NOVARTIS	Switzerland	\$50.14	\$8.51	16.97%
15	FORD MOTOR	US	\$156.78	\$8.00	5.10%
16	FACEBOOK	US	\$40.65	\$7.75	19.07%
17	PFIZER	US	\$52.55	\$7.66	14.57%
18	BMW	Germany	\$118.41	\$7.33	6.19%
19	GENERAL MOTORS	US	\$145.59	\$7.30	5.01%
20	ROBERT BOSCH	Germany	\$93.68	\$7.12	7.60%
21	HONDA MOTOR	Japan	\$131.81	\$7.08	5.37%
22	SANOFI	France	\$43.47	\$6.57	15.11%
23	BAYER	Germany	\$55.29	\$6.19	11.20%
24	SIEMENS	Germany	\$98.16	\$6.10	6.22%
25	ORACLE	US	\$37.73	\$6.09	16.14%

26	CISCO SYSTEMS	US	\$48.01	\$6.06	12.62%
27	GLAXOSMITHKLINE	UK	\$40.80	\$6.05	14.83%
28	BRISTOL-MYERS SQUIBB	US	\$20.79	\$5.96	28.65%
29	CELGENE	US	\$13.00	\$5.92	45.49%
30	NOKIA	Finland	\$27.79	\$5.90	21.24%
31	IBM	US	\$79.14	\$5.79	7.31%
32	QUALCOMM	US	\$22.29	\$5.47	24.52%
33	ASTRAZENECA	UK	\$22.47	\$5.41	24.09%
34	ELI LILLY	US	\$22.87	\$5.28	23.09%
35	FIAT CHRYSLER AUTOMOBILES	Netherlands	\$133.12	\$5.14	3.86%
36	ABBVIE	US	\$28.22	\$4.98	17.66%
37	GENERAL ELECTRIC	US	\$121.25	\$4.80	3.96%
38	DELL TECHNOLOGIES	US	\$78.71	\$4.76	6.04%
39	ERICSSON	Sweden	\$24.59	\$4.63	18.82%
40	NISSAN MOTOR	Japan	\$110.35	\$4.62	4.18%
41	SONY	Japan	\$71.59	\$4.32	6.03%
42	PANASONIC	Japan	\$69.15	\$4.23	6.11%
43	DENSO	Japan	\$42.63	\$4.21	9.88%
44	SAP	Germany	\$28.17	\$4.03	14.29%
45	GILEAD SCIENCES	US	\$26.11	\$3.73	14.30%
46	CONTINENTAL	Germany	\$52.85	\$3.73	7.05%
47	BOEHRINGER	Germany	\$21.67	\$3.69	17.05%
48	ALIBABA	China	\$25.23	\$3.63	14.38%
49	AMGEN	US	\$22.85	\$3.56	15.59%
50	RENAULT	France	\$70.52	\$3.55	5.03%
51	PEUGEOT	France	\$78.25	\$3.51	4.49%
52	AIRBUS	Netherlands	\$80.17	\$3.37	4.20%
53	BROADCOM	US	\$17.64	\$3.29	18.67%
54	LG ELECTRONICS	South Korea	\$57.47	\$3.26	5.68%
55	BOEING	US	\$93.39	\$3.18	3.40%
56	HITACHI	Japan	\$86.27	\$3.14	3.63%
57	TAKEDA PHARMACEUTICAL	Japan	\$16.31	\$3.06	18.79%
58	TATA MOTORS	India	\$45.17	\$2.99	6.61%
59	CANON	Japan	\$36.22	\$2.93	8.09%
60	TOSHIBA	Japan	\$46.23	\$2.78	6.02%
61	HON HAI PRECISION INDUSTRY	Taiwan	\$158.66	\$2.76	1.74%

62	TAIWAN SEMICONDUCTOR	Taiwan	\$32.95	\$2.72	8.26%
63	TENCENT	China	\$36.54	\$2.68	7.34%
64	MERCK DE	Germany	\$18.40	\$2.57	13.96%
65	ZF	Germany	\$43.73	\$2.56	5.85%
66	WESTERN DIGITAL	US	\$19.09	\$2.44	12.78%
67	TELECOM ITALIA	Italy	\$23.79	\$2.39	10.05%
68	UNITED TECHNOLOGIES	US	\$59.84	\$2.39	3.99%
69	SK HYNIX	South Korea	\$28.14	\$2.33	8.26%
70	BASF	Germany	\$77.42	\$2.27	2.93%
71	NOVO NORDISK	Denmark	\$18.01	\$2.26	12.55%
72	BIOGEN	US	\$12.27	\$2.25	18.36%
73	MEDTRONIC	Ireland	\$29.71	\$2.25	7.58%
74	ABBOTT	US	\$27.39	\$2.24	8.16%
75	DAIICHI SANKYO	Japan	\$8.99	\$2.22	24.71%
76	VOLVO	Sweden	\$40.81	\$2.21	5.41%
77	NESTLE	Switzerland	\$92.12	\$2.16	2.35%
78	HYUNDAI MOTOR	South Korea	\$90.22	\$2.12	2.35%
79	PHILIPS	Netherlands	\$21.35	\$2.12	9.92%
80	DOWDUPONT	US	\$62.48	\$2.11	3.38%
81	ALLERGAN	Ireland	\$15.94	\$2.10	13.17%
82	ASTELLAS PHARMA	Japan	\$12.35	\$2.08	16.83%
83	REGENERON PHARMACEUTICALS	US	\$5.87	\$2.08	35.34%
84	NTT	Japan	\$107.26	\$2.01	1.88%
85	ZTE	China	\$16.72	\$1.99	11.91%
86	BAIDU	China	\$13.03	\$1.99	15.24%
87	MITSUBISHI ELECTRIC	Japan	\$39.91	\$1.98	4.96%
88	MEDIATEK	Taiwan	\$8.03	\$1.93	24.00%
89	CATERPILLAR	US	\$45.46	\$1.91	4.19%
90	CHINA STATE CONSTRUCTION ENGINEERING	China	\$162.00	\$1.90	1.17%
91	PETROCHINA	China	\$309.82	\$1.89	0.61%
92	PROCTER & GAMBLE	US	\$65.30	\$1.87	2.87%
93	3M	US	\$31.66	\$1.85	5.84%
94	TEVA PHARMACEUTICAL	Israel	\$22.39	\$1.85	8.26%
95	LEONARDO	Italy	\$13.84	\$1.85	13.35%
96	CHINA RAILWAY	China	\$106.56	\$1.85	1.73%
97	HONEYWELL	US	\$40.53	\$1.84	4.53%

98	MICRON TECHNOLOGY	US	\$20.32	\$1.82	8.98%
99	NVIDIA	US	\$6.91	\$1.80	26.01%
100	APPLIED MATERIALS	US	\$14.54	\$1.77	12.20%

Oheisessa kuvassa 1 on esitetty 1000 parhaan yrityksen tutkimus- ja kehitysmenot toimialoittain vuonna 2018 (miljardia dollaria).



KUVA 1 1000 parhaan yrityksen tutkimus- ja kehitysmenot toimialoittain vuonna 2018 (miljardia dollaria).

Aivan kuten 25 parhaan yrityksen joukossa, T&K-toiminnan kokonaisjakoa hallitsevat edellä mainitut kolme pääteollisuutta. Teknologia, lääketieteellisyys ja autoteollisuus muodostavat lähes kaksi kolmasosaa kaikista T&K-menoista.

Lähde: Strategy &’s 2018 Global Innovation 1000 Study.

<https://www.ideatovalue.com/inno/nickskillicorn/2019/08/top-1000-companies-that-spend-the-most-on-research-development-charts-and-analysis/>

LIITE 2 Kirjallisuutta ja raportteja

Digitalisaatio

- HUS. Milli virtuaaliapuri, https://www.mielenterveystalo.fi/nuoret/itsearviointi_omaapu/oma-apu/milli/Pages/default.aspx
- ETLA. 2020. Teollisuuden digitaalinen murros, <https://www.etla.fi/tutkimukset/teollisuuden-digitaalinen-murros/>
- Koskiniemi Teemu ja Tuomaala Eljas. 2017. Miten kansantalouden tilinpito ottaa huomioon digitaalisen talouden? https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2017/12/LOW3_30616645_KAK_sius_4_2017_176x245-1-57-74.pdf
- OECD. Going digital, <http://www.oecd.org/going-digital/>
- TIEKE 40 vuotta – Matkaeväitä digitaaliseen tulevaisuuteen, <https://tieke.fi/tieke40/>
- Tilastokeskus. 2017. Digitalisaatio ja bkt – miten digitalisaatio näkyy taloustilastoissa, https://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/kantilinpito/digitalisaatio_bkt.pdf
- Tilastokeskus. 2020. Tietotekniikan käyttö yrityksissä 2020, <https://www.stat.fi/til/icte/2020/index.html>
- WEF. 2015. Digital Transformation Initiative (DTI), <https://reports.weforum.org/digital-transformation/>

Big data ja data-analytiikka

- Kelleher John D, and Tierney Brendan. 2018. Datatiede, Terra Cognita Oy, Helsinki 2021.
- Hyvönen Eero. 2018. Semanttinen web – Linkitetyn avoimen datan käsiraha, Gaudeamus.
- Pajula Juha, Sampo Viiri, Heidi Similä, Jaakko Lähteenmäki, Antti Tuomi-Nikula. 2021. Toisilain vaikutukset tutkimukseen ja data-analytiikan sovelluksiin, VTT-R-00118-21.

Tekoäly

- Haikonen Pentti. 2018. Tietoisuus, tekoäly ja robotit, Art House Oy.
- Honkela Timo. 2017. Rauhankone. Tekoälytutkijan testamentti, Gaudeamus.
- Jääskeläinen Atte. 2019. Mitä tapahtuu huomenna kun tekoäly poistaa järjestömyydet, WSOY.
- Kananen Heidi , Puolitaival Harri. 2019. Bisneksen uudet työkalut, Alma Talent.
- Kelleher John D. 2019. Deep Learning, MIT Press Essential Knowledge series.
- Kelleher, John D. 2020. Syväoppiminen, Terra Cognita Oy, Helsinki.
- Merilehto Antti. 2018. Tekoäly. Matkaopas johtajille AlmaTalent.
- Merilehto Antti & Aaltonen Mika. 2020. Tekoäly - ihminen ja kone, Alma Talent, 2019

- Merilehto Antti & Hagman Karoliina. Tekoäly nyt, podcast, <https://www.supla.fi/ohjelmat/tekoaly-nyt>
- Ollila Maija-Riitta. 2019. Tekoälyn etiikkaa. Helsinki, Otava.
- Pietikäinen Matti & Silvén Olli. 2019. Tekoälyn haasteet – koneoppimisesta ja konenäöstä tunnetekoälyyn. Oulun yliopisto, Konenäön ja signaalianalyysin keskus, ISBN: 978-952-62-2482-4 (elektroninen julkaisu). Kirja on ladattavissa ilmaiseksi pdf-muodossa osoitteesta <http://jultika oulu.fi/Record/isbn978-952-62-2482-4>.
- Siukonen Timo, Neittaanmäki Pekka. 2019. Mitä tulisi tietää tekoälystä, Docendo Oy.
- STN. 2021. Strategisen tutkimuksen ohjelmien yhteiskunnallista vaikuttavuutta arvioitiin ensimmäistä kertaa, <https://www.aka.fi/strateginen-tutkimus/strateginen-tutkimus/tutkimusta-tiedon-kayttajalle/ajankohtaista/2021/strategisen-tutkimuksen-ohjelmien-yhteiskunnallista-vaikuttavuutta-arvioitiin-ensimmaista-kertaa/>
- Tegmark Max. 2018. Elämä 3.0: Ihmisenä oleminen tekoälyn aikakaudella, Terra Cognita.
- Tuominen Heli ja Neittaanmäki Pekka (Toim.). 2019. Tekoälyn perusteita ja sovelluksia, Informaatio-tekniikan tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/64975>

Tulevaisuuden tutkimus

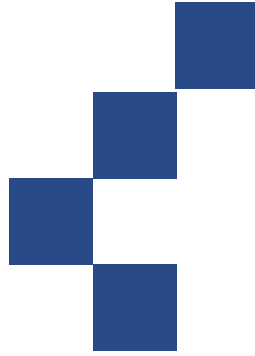
- Linturi Risto ja Kuusi Osmo. 2018. Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018–2037, Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 1/2018. https://www.eduskunta.fi/FI/naineduskuntatoimii/julkaisut/Documents/tuvj_1+2018.pdf
- Linturi Risto. 2020. Kohti parempaa tulevaisuutta! - Teknologian mahdollisuudet ja uhat kestävän kehityksen edistämiseksi. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 5/2020. https://www.eduskunta.fi/FI/naineduskuntatoimii/julkaisut/Documents/tuvj_5+2020.pdf
- Mannermaa Mika. 2004. Heikoista signaaleista vahva tulevaisuus, WSOY Helsinki.
- Paukku Timo. 2013. Kymmenen uutta ihmettä – Teknologiat, jotka muuttavat maailmaa, Gaudeamus.
- VM. 2017. Pilkahduksia tulevaisuuteen-digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet, Valtiovarainministeriön julkaisu 10/2017.

Alusta- ja digitalous

- Coyle Diane, Nguyen David. 2020. The impact of Covid-19 on the value of online goods, 10 July 2020, <https://voxeu.org/article/impact-covid-19-value-online-goods>
- ETLA. 2020. Suomen digitaalitalouden koko ja sen vaikutus verotukseen, <https://www.etla.fi/julkaisut/the-size-of-the-digital-economy-in-finland-and-its-impact-on-taxation/>
- EU. 2018. The European Data Market Monitoring Tool, <https://datalandscape.eu/european-data-market-monitoring-tool-2018>

- Koponen Johannes. Alustatalous ja uudet liiketoimintamallit. Alma Talent, 2018
- Koskiniemi Teemu ja Tuomaala Eljas. 2017. Miten kansantalouden tilinpito ottaa huomioon digitaalisen talouden? Kansantaloudellinen aikakauskirja – 113. vsk. – 4/2017.
- OECD. 2020. A Roadmap toward a Common Framework on Measuring the Digital Economy, Report for the G20 Digital Economy Task Force, <https://www.oecd.org/sti/roadmap-toward-a-common-framework-for-measuring-the-digital-economy.pdf>
- Statistics Canada. 2019. The value of data in Canada: Experimental estimates Release date: July 10, 2019, https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/pub/13-605-x/2019001/article/00009-eng.pdf?st=HlOM_HoB
- TEM. 2021. Datapohjaisen arvonluonnin strategiset vaihtoehdot, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:3. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162669/TEM_2021_3.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Varanka Pirjo, Mäkikangas Petri, Hyypiä Mervi, Jalonen Sonja & Samppala Anne. 2017. Digitalous – Opas sähköisen taloushallinnon käyttäjille, Turun ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 105, ISBN: 9789522166111 (painettu) ISBN: 9789522166128 (pdf).
- Viitanen Jukka, Paajanen Reijo, Loikkanen Valto, Koivistoinen Aki. 2017. Digitaalisen alustatalouden tiekartasto, Business Finland julkaisu, lokakuu 2017.
- Watanabe Chihiro and Ilmola Leena. 2018. Digitalization of Global Economy and Public Sector Funding, Reports on Scientific Computing and Optimization 1/2018, <https://www.jyu.fi/it/en/research/publications/reports-on-scientific-computing-and-optimization/reports/digitalization-of-global-economy-and-public-sector-funding-report1.pdf>
- Watanabe C., Tou Y. and Neittaanmaki P. 2018. A New Paradox of the Digital Economy: Structural Sources of the Limitation of GDP Statistics, Technology in Society 55 (2018) 9-33.

YHTEISKUNNAN DIGIMURROS



Digimurros on enemmän kuin kokoelma uusia teknologioita tai rakenteellisia muutoksia palveluissa ja tuotteissa. Digimurros koskettaa lähes kaikkia elämän osa-alueita tämän päivän länsimaisessa kehittyneessä valtiossa.

Tässä kirjassa tarkastellaan digitalisaatiota ja sen merkitystä suomalaisessa yhteiskunnassa. Kirjassa käsitellään digitalisaation olemusta, kehitystä ja sen aiheuttamaa muutosta yhteiskunnassa, liiketoiminnassa ja työn tekemisessä. Digitalisaatiota on kuvattu eri kehitystrendien ja tulevaisuusanalyysien pohjalta tavoitteena esittää kansallinen ja EU-näkökulma digitalisaatioon.

Omat lukunsa saavat syvälliset esitykset digitaalisesta tekoälytuetusta sosiaali- ja terveydenhuollosta sekä digitaalisesta tekoälytuetusta koulutus- ja oppimisjärjestelmästä, sekä asiantuntija-artikkelit lohkoketjuista ja älysovimuksista, robotiikasta ja robotisaatiosta, sekä digitalisaatiosta terveyden edistämiseksi.



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ