

PANDEMIATEKNOLOGIAT

Teknologian rooli koronapandemian aikana ja
koronapandemian vaikutus teknologian kehitykseen



PANDEMIATEKNOLOGIAT

Teknologian rooli koronapandemian aikana ja
koronapandemian vaikutus teknologian
kehitykseen

Risto Linturi

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 4/2020

Kansikuva: Pixabay

Tulevaisuusvaliokunta

00102 Eduskunta

www.eduskunta.fi

Helsinki 2020

ISBN 978-951-53-3773-3 (nid.)

ISBN 978-951-53-3774-0 (pdf)

ISSN 2342-6594 (painettu)

ISSN 2342-6608 (verkkojulkaisu)

Sisällys

Tulevaisuusvaliokunnan esipuhe	5
1. Johdanto.....	12
2. Pandemian vaikutukset arvonluontiverkostoissa	14
2.1. Henkilöliikenne (taustakuvaus)	17
2.2. Tavaraliikenne (taustakuvaus).....	18
2.3. Tavaroiden valmistus (taustakuvaus)	19
2.4. Ravinto (taustakuvaus)	20
2.5. Energia (taustakuvaus)	21
2.6. Materiaalit (taustakuvaus)	22
2.7. Rakennettu ympäristö (taustakuvaus)	23
2.8. Vaihdanta (taustakuvaus).....	24
2.9. Etävaikuttaminen (taustakuvaus).....	25
2.10. Työn korvaus koneilla (taustakuvaus)	26
2.11. Työ ja ansainta (taustakuvaus)	27
2.12. Terveys (taustakuvaus).....	28
2.13. Toimintakyvyn avusteet (taustakuvaus).....	29
2.14. Havainnot ja tietäminen (taustakuvaus)	30
2.15. Osaaminen ja sen näyttö (taustakuvaus)	31
2.16. Elämykset (taustakuvaus).....	32
2.17. Turvallisuus (taustakuvaus)	33
2.18. Yhteistyökyky (taustakuvaus)	34
2.19. Tarkoituksellisuus (taustakuvaus)	35

2.20. Valtarakenteet (taustakuvaus)	36
3. Koronapandemian torjunnan tärkeimmät teknologiat.....	37
3.1. Tietoverkot ja pilvipalvelut	41
3.2. Kohtaamisten digitalisointi	42
3.3. Transaktioiden digitalisointi	43
3.4. Kauko-ohjaus ja etäylläpito	44
3.5. Konenäkö ja muu hahmontunnistus	45
3.6. Desinfiointiteknologiat	46
3.7. Suojainteknologiat.....	47
3.8. Etä- ja itsediagnostiikka	48
3.9. Sars-CoV-2: testausmenetelmät.....	49
3.10. SARS-CoV-2: mallintaminen.....	50
3.11. Covid 19: rokotekehitys.....	51
3.12. Covid-19: hoitomenetelmät	52
3.13. 3D-tulostus ja joustava tuotanto.....	53
3.14. Autonomiset robotit.....	54
3.15. Kaupunkiviljely.....	55
3.16. Digitalisoitu viihde	56
3.17. Sosiaalinen media.....	57
3.18. Joukkoistus / Big Data.....	58
4. Johtopäätökset ja teknologiasuosituksset.....	60
4.1. Yhteenveto	60
4.2. Teknologiaan liittyvät politiikkasuositukset	62

Tulevaisuusvaliokunnan esipuhe

Käsillä olevassa raportissa tarkastellaan teknologioita, jotka auttavat COVID 19 -pandemian hallinnassa, sekä pandemian ennakoitua lyhyt- ja pitkäaikaista vaikutusta teknologiankehitykseen. Raportti on viimeisin tuotos tulevaisuusvaliokunnan teettämässä radikaalien teknologioiden etenemisen ja vaikutusten ennakoinnissa. Valiokunta aloitti teknologianennakointimenetelmän kehittämisen vuonna 2013 ([Suomen sata uutta mahdollisuutta: radikaalit teknologiset ratkaisut](#)), jonka viimeisin päivitys on julkaistu vuonna 2018 ([Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018 – 2037 – yhteiskunnan toimintamallit uudistava radikaali teknologia](#)). Menetelmän tuottamat tulokset on julkaistu myös verkko-sovelluksena ([Tulevaisuuspankki.fi](#)). Menetelmällä on myös tarvittaessa pystytty kokoamaan tieto yksittäisen teknologia-alueen viimeaikaisesta ja ennakoidusta kehityksestä ([Geeniteknologian kehitys 2018-2020 eri merkitysaloilla](#)). Tulevaisuusvaliokunta on tilannut myös tarkastelun teknologiakehityksen mahdollisuuksista ja sen luomista jännitteistä suhteessa kestäväen kehityksen Agenda 2030-tavoitteisiin. Kohti parempaa tulevaisuutta -raportti (TuVJ 5/2020) julkaistaan myöhemmin marraskuussa 2020 ja löytyy sähköisenä [tulevaisuusvaliokunnan julkaisuiden internetsivuilta](#).

COVID-19 -viruksen aiheuttaman uhan hahmotuessa tulevaisuusvaliokunta ryhtyi hankkimaan kolmen tyyppistä asiantuntijatietoa: muutamassa viikossa saatuja nopeita asiantuntijalausuntoja edustajien muotoilemiin täsmäkysymyksiin, kahdessa kuukaudessa koottuja asiantuntijanäkemyksiä ([Koronapandemian hyvät ja huonot seuraukset lyhyellä ja pitkällä aikavälillä](#)), sekä laajempia pandemioteemaan kytkeytyviä useamman kuukauden mittaisia selvityshankkeita. Nyt käsillä oleva raportti on tällaisen laajan selvityshankkeen tulos. Tulevaisuudentutkija Risto Linturilta tilattu selvitys soveltaa tulevaisuusvaliokunnan teknologianennakointimenetelmää pandemiatilanteeseen.

Raportti jäsentää teknologioiden vaikutusta 20 yhteiskunnallisen funktioon eli ns. arvonluontiverkoston. Arvonluontiverkostot on hahmoteltu ihmistoiminnalle tärkeiden päämäärien mukaan. Henkilöliikenteen arvonluontiverkoston päämäärä on saada ihmisiä siirrettyä, kun taas turvallisuuteen keskittyvän arvonluontiverkoston päämäärä on pitää elämä säännönmukaisena ja ennakoitavana. Pandemia on vaikeuttanut kunkin arvonluontiverkoston päämäärän saavuttamista eri tavoin. Tämä raportti selvittää, mitkä teknologiat ovat näiden vaikeuksien kohtaamisessa eniten auttaneet ja millä teknologioilla on kypsyessään suuri potentiaali tässä auttaa. Aiemmista valiokunnan ennakointiraporteista poiketen tämä raportti käsittelee syntymässä olevien teknologioiden ohella myös vakiintuneiden teknologioiden merkitystä, joka sekin muuttuu maailman kohdatessa uuden tilanteen. Raportti muodostaa erittäin laajan katsauksen pandemian ja teknologian liittymäpintoihin, joihin lukija voi halutessaan perehtyä vielä yksityiskohtaisemmalla tasolla raportin 650 lähdelinkin kautta.

Raportin johtopäätösosiossa keskeisimpiä ”pandemiateknologioita” on pisteytetty sen mukaan, minkä elämänalueen eli arvonluontiverkoston koronaongelmien ratkaisussa niistä on arvioitu olevan eniten hyötyä. Pisteytysjärjestelmä siis antaa korkeat kokonaispisteet niille teknologioille, jotka auttavat tai joiden ennakoidaan pian auttavan (erityisesti rokotekehitys) useiden eri arvonluontiverkostojen päämäärien saavuttamisessa viruksen aikaansaamissa poikkeusoloissa. Tästä näkökulmasta teknologioiden

vaikuttavuusjärjestys pandemiatilanteessa on seuraava (suluissa kunkin teknologian vaikuttavuuden numeerinen arvio):

1. Tietoverkot ja pilvipalvelut (5,6)
2. Rokotekehitys (4,5)
3. Kohtaamisten digitalisointi (4,3)
4. Transaktioiden digitalisointi (3,4)
5. Suojainteknologiat (2,9)
6. Desinfiointiteknologiat (2,7)
7. Kauko-ohjaus ja etäylläpito (2,3)
8. Joukkoistus/ Big Data (2,0)
9. Konenäkö ja muu hahmontunnistus (1,8)
- 10.-11. Sars-CoV-2: testausmenetelmät (1,5)
- 10.-11. Autonomiset robotit (1,5)
- 12.-14. Etä- ja itsediagnostiikka (1,3)
- 12.-14. Digitalisoitu viihde (1,3)
- 12.-14. Sosiaalinen media (1,3)
15. 3D-tulostus ja joustava tuotanto (1,2)
- 16.-17. Sars-CoV-2: mallintaminen (0,9)
- 16.-17. Kaupunkiviljely (0,9)
18. Sars-CoV-2: hoitomenetelmät (0,8)

Listasta on helppo huomata, että pandemiatilanne lisää kysyntää sekä monenlaisille etäältä ja hajautetusti toimimisen ratkaisuille, että myös ratkaisuille, jotka tekevät kasvokkaisista kohtaamisista turvallisempia. Listauksen perusteella voi päätellä, että yhteiskunnat, jotka ovat valmiiksi laajasti digitalisoituneet, ovat epäilemättä hyötynyt tästä pandemiatilanteesta. Luonnollisesti myös suojaus- ja desinfiointiteknologioiden saatavuus on ollut keskeistä. Mutta pandemia myös puskee näitä teknologioita uusiin sovelluskohteisiin sekä luo kysyntää aivan uudentlaisille teknisille ratkaisuille etäältä toimimiseen, automaatioon ja valmistuksen ja toiminnan hajauttamiseen.

Raportti käy läpi myös sen, millä tavalla pandemia on vaikuttanut arvonluontiin yhteiskunnan eri toiminnoissa sekä sen, miten teknologiaa on näiden toimintojen ylläpitoon käytetty. Alla oleva listaus kerää raportin yhteenvedosta arvonluontiverkostot järjestykseen sen mukaan, missä niistä teknologiat ovat eniten tukeneet arvonluontia koronaviruksen luomassa tilanteessa (suluissa on teknologioiden arvioitu vaikuttavuusluku kussakin arvonluontiverkostossa):

1. Terveys: Päämääränä terveyden ylläpito (5,4)
2. Työ ja ansainta: Päämääränä ansainta (3,4)
3. Vaihdanta: Päämääränä omistusoikeuksien siirto (2,8)
- 4.-5. Toimintakyvyn avusteet: Päämääränä toimintakyvyiltään rajoittuneiden auttaminen (2,7)
- 4.-5. Turvallisuus: Päämääränä säännönmukaisuus (2,7)
- 6.-7. Yhteistyökyky: Päämääränä kyky yhteistyöhön (2,6)
- 6.-7. Valtarakenteet: Päämääränä yhteisten etujen toteutuminen päätöksenteossa (2,6)
8. Elämykset: Päämääränä viihtyminen (2,5)
- 9.-10. Rakennettu ympäristö: Päämääränä tarpeenmukaiset tilat (2,1)
- 9.-10. Etävaikuttaminen: Päämääränä vaikuttaminen sijaintipaikasta riippumatta (2,1)
- 11.-13. Henkilöliikenne: Päämääränä henkilön siirtäminen paikasta toiseen (1,9)
- 11.-13. Havainnot ja tietäminen: Päämääränä hyödyllisen tiedon saanti (1,9)
- 11.-13. Osaaminen ja sen näyttö: Päämääränä oppiminen ja osaamisen näyttö (1,9)
- 14.-15. Tavaroiden valmistus: Päämääränä tavaroiden saatavuus. (1,8)
- 14.-15. Työn korvaus koneilla: Päämääränä ihmistyön korvaaminen koneilla (1,8)
16. Ravinto: Päämääränä ravitseva ruoka (1,7)
17. Tavaraliikenne: Päämääränä siirtää tavaroita ja aineita (1,6)
18. Tarkoituksellisuus: Päämääränä merkityksellinen elämä (1,5)
19. Materiaalit: Päämääränä raaka-aineiden saatavuus (0,7)
20. Energia: Päämääränä tarpeenmukainen energian saatavuus (0,5)

Listaus siis tiivistää raportin luoman tilannekuvan, jonka mukaan nimenomaan digitalisaatio ja automaatio mahdollistavat pandemian edellyttämien uudenlaisten toimintatapojen käyttöönoton useilla elämänalueella. Ei ole yllättävää, että myös terveyden ja toimintakyvyn ylläpitämistä tukevat teknologiset ratkaisut ovat osoittautuneet tärkeäksi tartuntataudin levityksessä. Mutta teknologian suurta merkitystä lukuisilla muillakin aloilla osoittaa vaikkapa se, että tarve pandemianaikaisen päätöksenteon digitalisointiin on muuttanut valtarakenteiden arvонуluontiverkostoa jopa enemmän kuin etäkoulunkäynti on mullistanut oppimista ja osaamisen näyttöä. Myös ansainta ja kaupankäynti ovat nojautuneet erilaisiin teknologiaratkaisuihin hyvin voimakkaasti: etätyö, videoneuvotteluineen, verkkokauppa, mobiilimaksaminen, digitaalinen tunnistautuminen ja virtuaalinen markkinointi ovat pandemian seurauksena saavuttaneet pysyvän

jalansijan yhä laajempien joukkojen arjessa. Ihmisten vapaa-ajan viettokin on joutunut suuntautumaan uudelleen ja sen seurauksena monet elämystuotantoon kytkeytyvät, ihmistyövoimaan ja ihmisten kohtaamiseen perustuvat alat ovat kriisissä, jota suoja- ja desinfiointiteknologioiden käyttö ja kiihkeäkään virtuaalisten ratkaisujen tai korvikkeiden luominen eivät riittävästi lievitä. Elämystuotannon suhteellisen korkea sijoitus yllä olevalla listalla ei tarkoitaakaan sen elinvoimaisuutta, vaan sitä, miten voimakkaasti ala on pandemian takia joutunut nojautumaan alalla aiemmin hyödyntämättömiin teknologiaratkaisuihin.

Monien alojen tilapäisesti virtualisoituessa tavara toki edelleen liikkuu taustalla fyysisesti. Logistiikka-ala on kuitenkin jo pitkään ollut automatisoinnin ja robotisaation kärjessä, joten pandemia ei tässä kontekstissa ole paljastanut yhtä suurta aiemmin hyödyntämätöntä teknologiapotentiaalia kuin mitä esimerkiksi omistusoikeuksien siirtämisen keinoissa on paljastunut. Siksi tavaraliikenne on edellä olevassa listassa saanut varsin pienen vertailuluvun.

Raportti myös nostaa esiin sellaisia käyttäytymismuutoksia, jotka saattavat jäädä uudeksi normaaliksi. Erityisesti asiat ja teknologiat, jotka ovat jo olleet edelläkävijöiden keskuudessa mutta tulleet myös hitaammin innostuvien ihmisten ja organisaatioiden kokeilemiksi, ovat saaneet valtavan kehityssysäyksen. Pakko on tässä tapauksessa ollut opettaja, joka on tarjonnut ihmisille onnistumisen kokemuksia äkisti vaikeutuneen arkensa helpottamisessa uusin keinoin. Vaikka hyppäyksen huippu ei jää pysyväksi, uusien ratkaisuiden kasvu jatkuu korkeammalta tasolta myös pandemiatilanteen helpotettua. Ainakin työmatkaliikenne tulee vähenemään pysyvästi. Verkkokauppa, etälääketiede ja itsediagnostiikkaa puolestaan lienevät enenevästi keskuudessamme.

Minkä takia näiden havaintojen tekoon tarvitaan ”arvonluontiverkoston” käsitettä? Miksei puhua vain tutummin toimialoista? Tähän on yksi erittäin tärkeä syy: toimialapohjainen tarkastelu olettaa nykyiset toimialarajat vakiintuneiksi eikä kykene havaitsemaan perinteisistä toimialoista riippumatonta maailman muutosta. Toimialajako ei siis paljasta sellaisen muutoksen tapahtumista, jossa tarpeiden tyydyttäminen siirtyy toimialarajojen yli. Toimialapohjaisen tarkastelun kautta alalle vieraat asiat näyttäytyvät aluksi niin marginaalisina, että ne voitaisiin sivuuttaa merkityksettöminä siihen asti, että niiden mullistava vaikutus osoittautuisi käytännössä kiistattomaksi. Tämä on ennakkointinäkökulmasta heikko lähestymistapa, joka ei havaitse perinteisten toimialojen rajojen ulkopuolelta alaan vaikuttavia liiketoimintamahdollisuuksia tai sääntelytarpeita.

Arvonluontiverkostotarkastelun ydin on puolestaan olettaa inhimilliset tarpeet vakiintuneiksi ja huomio kiinnitetäänkin muutoksiin keinoissa, joilla niihin vastataan. Teknologiaratkaisuita siis tarkastellaan sitä kautta, miten ne auttavat tyydyttämään kunkin arvonluontiverkoston keskeiset tarpeet, eikä sitä kautta, kuuluvatko ne jonkin tietyn ”toimialan” piiriin. Esimerkiksi henkilöliikenteen arvonluontiverkoston osalta kyse ei ole vain siitä, että henkilöautoilu vähenee työmatkaliikenteen vähetessä, vaan huomio kiinnitetään myös joukkoliikenteen vähentyneisiin käyttäjämääriin sekä kävelyn, pyöräilyn ja kotimaanmatkailun lisääntymiseen. Tällainen kokonaisvaltainen tarkastelu on hyödyllinen uusien liiketoimintamahdollisuuksien etsijälle ja luo valmistautumisaikaa päättäjille. Näkökulma auttaa ymmärtämään mitä on tapahtumassa nyt, ja havaitsemaan, että pidemmällä tähtäimellä pandemia näyttää kiihdyttävän kysyntää kevyille

henkilöliikennevälineille. Oikea-aikaisella politiikalla voidaan ohjata uusiin liikennevälineisiin liittyvä kehitys tapahtumaan yhteiskunnallisesti mahdollisimman kestävällä tavalla.

Samaan tapaan havaitaan, että pandemian seurauksena työn ja ansainnan arvonluontiverkostossa ihmisten ansaintatarve ei ole muuttunut mihinkään, mutta toteutus painottuu nyt etätöihin. Tämä siirtymä luo omia säädöstarpeitaan mutta on heijastunut myös muihin arvonluontiverkostoihin: arvonluonnin tapa on muuttumassa myös rakennetun ympäristön ja ravitsemuksen arvonluontiverkostossa, kun kodit muuttuvat monitoimitiloiksi, toimipisteissä työskentelee todennäköisesti pysyvästi vähemmän väkeä ja työpäivän aikainen ruokailu tapahtuukin pitkälti muualla kuin ruokaloissa. Tämä raportti tuo esiin kymmenittäin tällaisia kytkentöjä ja kehityssysäyksiä pysyvien tarpeiden ja muuttuneiden teknologiavälitteisten tarpeentyydytyskeinojen välillä. Raportti osoittaa, että pitkän aikavälin ennakointiin kehitetty tarvelähtöinen tarkastelu on hyödyllinen myös pandemiatilanteen aiheuttamien nopeampien muutosten merkityksen hahmottamisessa.

Pandemiateknologiat-raportin lopun suositusosio kerää yhteen säädöstarpeet, jotka tapahtumassa oleviin muutoksiin liittyvät. Osa suosituksista liittyy suoraan mahdollisuuksiin estää tautien leviämistä ilmanvaihtoa, robotisoitua siivoamista, tietosuojaa, kuluttajakäyttöistä diagnostiikkaa ja vanhustenhoidon organisointia kehittämällä. Näillä säädöksillä pandemioiden aiheuttamaa vahinkoa voitaisiin jatkossa minimoida. Mutta raportin löydökset sisältävät myös ehdotuksia, joiden käyttöönotto voisi parantaa yhteiskunnan toimivuutta pandemian jälkeisessä normaalitilanteessakin. Eräs tulevaisuusvaliokunnassa paljon keskusteltu kysymys onkin, miten Suomi saisi toimivan yhteiskuntansa, korkean osaamistason ja hyvät resurssinsa hyödynnettyä tehokkaammin. Miten tehdä alisuoriutujasta ylisuoriutuja?

Linturin esittämät suositukset tarjoavat monia sellaisia pandemian esiin nostamia säädösmahdollisuuksia, jotka poistaisivat kitkaa arjen asioinnista ja siten järkevöittäisivät niin kansalaisten kuin yritystenkin ajankäyttöä myös normaalioloissa. Esimerkiksi verkkokauppa toimisi kansalaisten kannalta selkeämmin, mikäli tavaroiden vastaanottamiseen soveltuvia korttelilokerikkoja ja automaattivarastoja kaavoitettaisiin viranomaisen toimesta, eikä jätettäisi jakelun kehittämistä verkkokauppajättien keskenään kilpailevien ratkaisuiden varaan. Viranomaisasiointi helpottuisi huomattavasti, mikäli digitaalisen allekirjoitus saisi yhtäläisen statuksen fyysisen allekirjoituksen kanssa ja julkiset asiointipalvelut olisivat velvoittavalla tavalla saavutettavissa myös video-neuvotteluteitse. Myös oppiminen tehostuisi, mikäli etäoppiminen ja osaamisen näyttö etänä mahdollistettaisiin ja niille kehitettäisiin omat luokkahuonekäytännöistä riippumattomat norminsa. Työntekoa tehostaisi, mikäli etätöiden oikeudet ja velvoitteet sekä työnantajan että työntekijän osalta selkiytettäisiin ja tuotaisiin verrannollisiksi perinteiseen työtilanteeseen. Valtion ja kuntien etäkokousten tietoturvan keskitetty ratkaiseminen vähentäisi organisaatiossa tehtyä päällekkäistä työtä. Työn tekemistä lisäisi, mikäli esimerkiksi lomautusjakson aikainen tilapäinen työpaikan vaihto olisi joustavampaa.

Radikaalin teknologian kehityksen ennakointi ja sen hyödyntäminen Suomen eduksi on tulevaisuusvaliokunnan vakioteemoja. Tältä osin raportti nostaa esiin uusia ratkai-

suita, joiden kehittymistä pandemia on vauhdittanut, ja joiden edestä olisi nyt mahdollista poistaa esteitä ja tehdä niistä uuden kasvun lähteitä. Esimerkiksi kerrosviljelyn tuet, koulutus ja sääntely eivät vielä ole perinteisten viljelymenetelmien tasolla. Pandemia on myös raottanut mahdollisuuksien ikkunaa tuotannon hygieenisyyttä lisäävälle bioteknisesti tuotetulle lihalle ja robottikeittiöille, ja lisätuki tällaisille radikaaliratkaisuille esimerkiksi EU:n vihreän kehityksen ohjelman kautta saattaisi olla pandemian aikana ja jälkeen erityisen vipuvoimaista.

Osa raportin suosituksista nojaa sille oletukselle, että yhteiskuntamme digitalisaatio etenee myös tulevaisuudessa. Tulevaisuusvaliokunta jakaa tämän näkemyksen, ja onkin siksi lukuisissa kannanotoissaan kannattanut tähän kehitykseen liittyvän teknologisen ja eettisen osaamisen tärkeyttä. Mutta koronavirus on konkreettisesti osoittanut, että myös väijäämättömältä tai vain hitaasti muuttuvalta näyttänyt trendi, kuten tuotantoketjujen globalisaatio, voivat murtua. Pandemia tuskin jää ainoaksi lähivuosien yllättäväksi häiriöksi. Edes digitalisaatiokehitys ei ole väistämätöntä. Erityisesti pitkittynyt häiriö globaaleissa tietoverkoissa saattaisi luoda seuraustensa laajuuteen nähden verrattavissa olevan, mutta joiltakin ratkaisumalleiltaan hyvin erilaisen maailman. Tätä teemaa sivuten tulevaisuusvaliokunta onkin alustavasti valinnut kyberturvallisuuden erääksi painopisteekseen vaalikaudelle 2019—2020. Muiden yllättävien kehityskulkujen ennakkoinnin tueksi tulevaisuusvaliokunta on käynnistänyt hankkeen, jossa analysoidaan kansainvälisesti johtavista viime vuosien ennakkointiraporteista sekä oikein tunnistettuja että toistaiseksi toteutumatta jääneitä uhkia ja mahdollisuuksia.

Myös nyt käsillä oleva pandemiateknologiat-raportti tarjoilee sellaisiakin suosituksia, jotka pandemiaa torjuessaan samalla kasvattavat yhteiskunnan yleistä resilienssiä eli kriisinkestävyyttä hyvin monenlaisten kriisitilanteiden varalta. Esimerkiksi tietyt julki-set organisaatiot voitaisiin velvoittaa ylläpitämään omaa lähivalmistuskapasiteettia 3D-tulostimin. Tämä kapasiteetti olisi kriisitilanteessa ohjattavissa muihin tarkoitukseen, jolloin erilaisista syistä johtuvien globaalien toimitusketjujen katkeilemien aiheuttamaa pulaa kriittisistä resursseista voitaisiin helpottaa kotimaisella valmistuksella. Linturin mukaan myös poikkeustilanteiden tiedonjakamiseen tulisi valmistautua ennalta luomalla kriisiajan tilannekuvaa muodostavia ryhmiä, jotka ovat ennalta valmistautuneet epävarman tiedon käsittelyyn ja sen varmuusasteen kommunikointiin. Mikäli päättäjillä, yrityksillä ja kansalaisilla olisi jaettu käsitys siitä, mikä osa tilannekuv tiedosta on kiistämätöntä ja mikä on vielä epävarmaa, olisi eri tahoilla paremmat mahdollisuudet suunnitella toimintaansa ja luottamus viranomaissuosituksiin pysyisi todennäköisemmin hyvänä.

Lopuksi tulevaisuusvaliokunta haluaa painottaa, että sen vuonna 2012 käynnistämä teknologiaennakkointimenetelmän kehitystyö on nyt käsillä olevan raportin sekä muiden viimeaikaisten sovellustensa myötä osoittautunut soveltuvan mainiosti myös rajattuun temaattiseen tarkasteluun siitä, miten tietyt muutokset yhteiskunnassa vaikuttavat teknologiankehitykseen, ja miten teknologia puolestaan tukee tai jarruttaa—tai miten sitä voidaan käyttää tukemaan tai jarruttamaan—näitä muutoksia. Tulevaisuusvaliokunta haluaakin nostaa esiin, että tarpeiden tyydytyksen näkökulmasta lähtevä tarkastelu tuntuu yleisesti ottaen soveltuvan tulevaisuussuuntautuneeseen yhteiskunnan ja teollisen toiminnan mallinnukseen paremmin kuin klusteri- ja teollisuudenala-

kohtaiset tarkastelut. Näin voidaan myös paremmin ennakoida muutoksiin liittyviä poliittikka- ja osaamistarpeita. Arvonluontiverkostopohjaista tarkastelua voidaankin pitää yhtenä ilmiöpohjaisen tarkastelun muotona, jota voidaan soveltaa erityisesti erilaisiin teknologiaan liittyviin tarkasteluihin ja ennakoointeihin. Sen matriisimaisesta, sektori-rajat ylittävästä pisteytysmenetelmästä voi kuitenkin hakea inspiraatiota myös muihin teemoihin liittyvien ilmiöpohjaisten tarkasteluiden toteutukseen.

Helsingissä, 4.11.2020

Tulevaisuusvaliokunta

Joakim Strand, puheenjohtaja (r.)

Pirkka-Pekka Petelius, varapuheenjohtaja (vihr.)

Jäsenet

Marko Asell (sd.)

Harry Harkimo (liik.)

Hannakaisa Heikkinen (kesk.)

Mari Holopainen (vihr.)

Katja Hänninen (vas.)

Ville Kaunisto (kok.)

Pasi Kivisaari (kesk.)

Ari Koponen (ps.)

Antti Lindtman (sd.)

Merja Mäkisalo-Ropponen (sd.)

Arto Pirttilahti (kesk.)

Kristiina Salonen (sd.)

Sari Tanus (kd.)

Sinuhe Wallinheimo (kok.)

Jussi Wihonen (ps.)

1. Johdanto

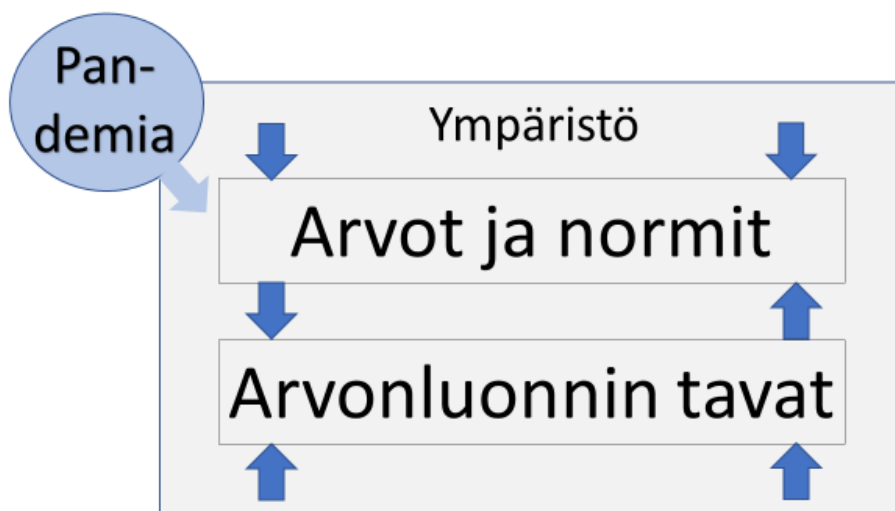
Tämä raportti on kirjoitettu eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan toimeksiannosta globaalissa pandemiatilanteessa. Tulevaisuusvaliokunta on pyytänyt selvitettäväksi seuraavat kysymykset teknologiakehityksen näkökulmasta:

Koronapandemian välittömät ja pitkäaikaiset vaikutukset

Koronapandemian torjunnan tärkeimmät teknologiat

Johtopäätökset ja teknologiasuositukset

Kysymyksiä on tarkasteltu jäsentäen pandemian yhteiskunnalliset vaikutukset arvontiverkostokehikkoon, jota valiokunta on teknologiaennakoinnissaan käyttänyt. Pandemia on vaikuttanut toimintatapoihimme, arvoihimme ja normeihimme. Ympäristö on muuttunut ja arvontuonnin tavat ovat muuttuneet.



Kaavio 1: Yhteiskunnan arvot, normit ja arvontuonnin tavat ovat vuorovaikutuksessa keskenään pyrkien tasapainoon pandemian muuttaman toimintaympäristön kanssa.

Selvitys on toteutettu kirjallisuustutkimuksena käyttäen digitaalisessa muodossa linkitettävissä olevia julkisia lähteitä. Pandemian aikaisia raporttiin valikoituneita artikkeliviitteitä on raportissa yli 600. Selvityksen sisältö perustuu näihin lähteisiin, mutta osittain vain esimerkinomaisesti. Yleistys siis on joissakin tilanteissa kirjoittajan tekemä. Pandemia on edennyt alueittain eritahtisesti ja globaaleja tutkimuksellisesti päteviä yhteenvetoja vaikutuksista ei kaikilta osin ole saatavilla. Näissä tapauksissa edustavista esimerkeistä tehtyjä johtopäätöksiä on pidetty riittävinä. Lähteet antavat todella runsaasti lisätietoa kustakin raportin aiheesta, mutta ovat vain pieni osa jo nyt valtavasta ja edelleen kasvavasta pandemiaan liittyvästä korkealaatuisesta aineistosta.

Selvityksen kehikkona käytetään tulevaisuusvaliokunnan julkaiseman [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportin käytäntöä jakaa yhteiskunnan organisoitu

toiminta 20 eri arvонуontiverkoston, joista kutakin ohjaa tietyn tarpeen tyydyttäminen. Tarpeiden mukainen jäsennys organisoii vaikutuksiin kohdistuvan selvitystyön hyvin ja auttaa havaitsemaan merkittäviä kriisin aiheuttamia siirtymiä.

Arvонуontiverkostokohtaiset vaikutukset on kartoitettu normaalein kirjallisuuskatsausten menetelmin. Selvitystyö on alkanut aihealueittaisista laajoista katsauksista. Näissä kuvattuja ilmiöitä on käytetty täydentävien jatkohakujen avainsanoina. Raportin tavoitteen mukaisesti vaikutusten selvityksessä pääpaino on ollut jo tapahtuneessa ja käyttöön tai ainakin kokeiluihin ehtineissä teknologisissa selviytymiskeinoissa.

Pandemian torjunnan tärkeimmät teknologiat on tunnistettu edellä mainittujen havaintojen perusteella. Teknologiakohtaisessa ryhmittelyssä tavoitteena on ollut esityksen ymmärrettävyys ja kuvauksen selkeys. Valtaosa pandemiatilannetta helpottavasta teknologiasta on jo laajassa käytössä, joten [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportin radikaaleihin teknologioihin keskittyvää teknologiaryhmittelyä on käytetty vain tausta-aineistona, sillä radikaalit teknologiat tyypillisesti ovat vasta suppeassa käytössä tai vielä kaupallistamatta. Tässä raportissa kukin teknologia on taustoitettu pääosin pandemian aikaisten tuoreiden artikkeleiden avulla. Lähteet auttavat ymmärtämään kutakin aihetta ja sen roolia pandemiassa tiiviin raportin lyhyitä kuvauksia syvemmin.

Johtopäätöksiä ja teknologiasuosituksia varten havainnot on pisteytetty siten, että kunkin teknologian vaikutus arvioidaan erikseen jokaisessa arvонуontiverkostossa. Suosituksissa on painotettu sellaisia yhteiskunnan toimia, joilla yhteiskunnan sopeutuminen pandemian kaltaisiin iskuihin voi kasvattaa. Tämän lisäksi on korostettu pandemian synnyttämiä uusia valmiuksia, hyödyllisiksi osoittautuneiden käytäntöjen vahvistamista ja myönteisen kehityksen esteiden poistamista.

Raportti on luonnoksen valmistuttua joukkoistettu puutteiden korjaamiseksi. Kiitän luonnosvaiheen korjausehdotuksista ja täydennyksistä seuraavia henkilöitä: Lauri Gates, Jutta Grear, Tommi Gynther, Olli Hietanen, Juha Krapinoja, Osmo Kuusi, Pekka Kähkönen, Pentti Huovinen, Maria Höyssä, Mikael Lakso, Anni Linturi, Kaija Linturi, Tatu Lund, Marko Miinin, Mika Panzar, Kalle Pihlajasaari, Eero Raunio, Jonna Södervall, Viljami Virolainen, Milla Wiren. Kiitän myös kaikkia Tulevaisuusvaliokunnan Radikaalit teknologiat -joukkoistukseen osallistuneita, joiden työn tuloksia tässä on käytetty arviointikehikon muodossa. Erityinen kiitos tulevaisuusvaliokunnalle tästä toimeksiannosta, joka jatkaa globaalien arvонуontiverkostojen periaatteisiin nojautuvien tutkimustyökalujen käyttöä radikaalien teknologioiden lisäksi myös muiden radikaalien ja yhteiskuntaa leikkaavien ilmiöiden vaikutusten arviointiin.

2. Pandemian vaikutukset arvonluontiverkostoissa

Sars-CoV-2 -virus aiheuttaa tartuttamissaan ihmisissä usein oireita, jotka ovat vakavia. Vakavia tauteja pyritään ehkäisemään. Onnistuneiden ehkäisytoimien vaikutukset näyttäytyvät usein suurempina kuin itse taudin vaikutukset. Tasapainottelu taudin ja sen ehkäisytoimien aiheuttamien haittojen välillä on yksi pandemian keskeisistä haasteista. Sekä itse taudin että sen ehkäisyyn voi havaita ulottavan vaikutusketjunsä koko yhteiskuntaan. Ennen näkökulman kaventamista arvonluontiverkostokohtaisiin tarkasteluihin luodaan katsaus joihinkin keskeisiin yleisiin vaikutusmekanismeihin.



Kaavio 2: Näkymä moniin keskeisiin pandemian aiheuttamiin vaikutusketjuihin

Yllä olevaa systeemiä kaaviota voidaan purkaa sanoiksi monesta suunnasta. Luonnollisinta lienee aloittaa viruksen suoraan tai epäsuorasti aiheuttamista terveysvaikutuksista, jotka on tässä pelkistetty sanaksi terveys. Oma ja läheistemme terveydentila vaikuttaa välittömästi toimintaamme. Tiedostettu terveydellinen uhka muuttaa toisaalta arvomaailmaamme, identiteettiämme ja tapakulttuuriamme. Saamamme tiedot ja

muuttuneet arvot synnyttävät epävarmuutta ja varautumista. Tämä vaikuttaa organisaatioiden päätöksiin, ihmisten ajankäyttöön ja toimintatapoihin sekä toimeentuloon.

Asenteiden ja käyttäytymisen muutokset kasvattavat toimintaympäristön epävarmuutta ja varautumisen tarvetta. Toiminnan muutokset vaikuttavat palveluiden ja tavaroiden kulutukseen, tilojen käyttöön, logistiikkaan, rahoitukseen, investointeihin ja tuotantoon, joilla on omat takaisinkytkentänsä mm. yritystalouteen ja toimeentuloon. Näihin kaikkiin liittyy yhteiskunta viranomaistoimintaan ja poliittisine päätöksineen sekä valistustoimintaan niin kansallisella kuin globaalilla tasolla.

Tämän luvun seuraavissa osissa tarkastellaan kuvattua kaltaisia monitahoisia vaikutuksia yhteiskunnan arvonluontiverkostot läpileikkaavalla tavalla. Johdannoksi tarkasteluun esitetään arvonluontiverkostojako ja muutamia ilmeisiä vaikutuksia arvonluontiverkostoittain. Alla on nimetty arvonluontiverkostot päämäärineen ja pandemian merkittävimmät vaikutukset niihin. Arvonluontiverkostojen laajat kuvaukset voi lukea joko [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportin luvusta 1 tai [Tulevaisuuspankki-sivustolta](#).

1. **Henkilöliikenne:** Päämääränä henkilön siirtäminen paikasta toiseen. Matkustaminen on vähentynyt ja osin loppunut, joukkoliikenteestä on siirrytty kevytliikennevälineisiin.
2. **Tavaraliikenne:** Päämääränä siirtää tavaroita ja aineita. Tavaraliikenteessä on ollut häiriöitä. Robotisaation hyödyt ovat käyneet ilmeisiksi ja vähittäisjakelun määrä on lisääntynyt.
3. **Tavaroiden valmistus:** Päämääränä on tavaroiden saatavuus. Komponenttien saatavuudessa olleet häiriöt sekä muuttunut kysyntä ovat nostaneet joustavan tuotannon, mm. 3D-tulostuksen merkitystä.
4. **Ravinto:** Päämääränä on ravitseva ruoka. Ruokaturva on monilla alueilla järkeynyt ja kaupunkiviljelyn merkitys on kasvanut erityisesti kehittyvillä alueilla. Kotitalouksien osuus ruoanvalmistuksessa on kasvanut.
5. **Energia:** Päämääränä tarpeenmukainen energian saatavuus. Öljyn kulutus on romahtanut. Elvytystoimilla uskotaan olevan laaja merkitys uusiutuvan energian hankkeille.
6. **Materiaalit:** Päämääränä raaka-aineiden saatavuus. Kysynnän muutokset ovat vaikuttaneet tuotantoon ja suosineet joustavaa sekä robotisoitua tuotantoa.
7. **Rakennettu ympäristö:** Päämääränä tarpeenmukaiset tilat. Liiketilojen käyttö on romahtanut, ja kasvaneen etätyö/etäpalveluvalmiuden vuoksi muutos jäänee osin pysyväksi.
8. **Vaihdanta:** Päämääränä omistusoikeuksien siirto. Vaihdantaan liittyvät kohtaamiset ja transaktiot ovat digitalisoituneet monin eri tavoin. Verkko kauppa on kasvanut merkittävästi.
9. **Etävaikuttaminen:** Päämääränä vaikuttaminen sijaintipaikasta riippumatta. Sosiaalisen median ja videoneuvotteluiden rooli vaikutuskanavana on kasvanut. Etäylläpidon, etäneuvonnan ja kauko-ohjauksen merkitys on korostunut.
10. **Työn korvaus koneilla:** Päämääränä ihmistyön korvaaminen koneilla. Erityisesti tartuntavaarallisissa kohteissa koneiden roolia on kasvatettu

mm. siivouksessa ja tavaroiden kuljetuksessa. Automaation merkitys on noussut.

11. **Työ ja ansainta:** Päämääränä ansainta. Kehittyneissä yhteiskunnissa siirtyminen etätööhön on ollut hyvin laajaa. Valmiudet etätööhön ja etätöön hyväksyntä ovat kehittyneet nopeasti.
12. **Terveys:** Päämääränä terveyden ylläpito. Hygieniatoimia on lisätty, Covid-19 -taudin hoitomenetelmiä kehitetty ja rokotekehitystä edistetty. Terveydenhuolto on ylikuormittunut monilla alueilla epidemiahuipun aikana.
13. **Toimintakyvyn avusteet:** Päämääränä toimintakyvyltään rajoittuneiden auttaminen. Lapset on laajasti siirretty kotihoitoon ja vanhustenhoitolaitoksissa on pyritty eristämään vanhukset.
14. **Havainnot ja tietäminen:** Päämääränä hyödyllisen tiedon saanti. Tiedonhankinnassa luotettavien tietolähteiden merkitys on korostunut, mutta sosiaalisen median käyttö lisääntynyt. Sosiaalisen median toimijat ovat pyrkineet karsimaan väärää tietoa.
15. **Osaaminen ja sen näyttö:** Päämääränä oppiminen ja osaamisen näyttö. Oppilaitokset ovat siirtyneet laajasti etäopetukseen. Digitaalisten sisältöjen ja valmiuksien merkitys on korostunut. Vaikutusten odotetaan jäävän osin pysyviksi.
16. **Elämykset:** Päämääränä viihtyminen. Digitaalisten verkkosisältöjen kulutus on lisääntynyt, mutta myös vuorovaikutteiset harraste- ja ajanvietetapahtumat verkossa ovat kasvussa. Sisällöntuotanto on vaikeutunut. Turismi on lähes loppunut, mutta vaikutuksen odotetaan jäävän tilapäiseksi.
17. **Turvallisuus:** Päämääränä on säännönmukaisuus. Turvallisudentunnetta on lisätty suojainten ja hygieniaohteiden avulla. Etätööhön ja etävaihdantaan liittyvän tietoturvan merkitys on kasvanut.
18. **Yhteistyökyky:** Päämääränä kyky yhteistyöhön. Verkkokaupan kasvu ja yhteistyö ihmisten kanssa heitä tapaamatta on kasvattanut vertaisluottamuksen ja erilaisten luottamusverkostojen ja alustaliiketoiminnan roolia.
19. **Tarkoituksellisuus:** Päämääränä merkityksellinen elämä. Elämä itsessään on muuttunut merkityksellisemmäksi sen ollessa uhattuna. Auttamisen halu, läheisten ihmisten ja perusarvojen merkitys on kasvanut.
20. **Valtarakenteet:** Päämääränä yhteisten etujen toteutuminen päätöksenteossa. Avoimuuden rooli muuttuu kriisitilanteessa ja tietoverkkokohtaamisissa. Pandemialla on laajoja vaikutuksia toimijoiden kykyyn tehdä päätöksiä. EU:n elvytysohjelma on merkittävä esimerkki.

2.1. Henkilöliikenne ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Rajojen sulkemisten ja muiden matkustusrajoitusten, kokoontumiskieltojen, palveluiden sulkemisten ja tuotannon keskeytysten sekä tartunnan pelkojen vuoksi henkilöliikenne on vähentynyt olennaisesti. Joissakin maissa tilapäiset ulkonaliikkumiskiellot ovat lopettaneet lähes kaiken henkilöliikenteen. Googlen palvelu erittelee maittain ja alueittain henkilöliikenteen vähenemistä puhelinten paikannustiedon perusteella. Esimerkiksi Italiassa liikkuminen väheni epidemian ja rajoitusten vakavimpaan aikaan noin 80%. ([COVID-19 Mobility Report](#))

Vakavimmin vaikutukset ovat kohdistuneet joukkoliikenteeseen. Esimerkiksi lentoliikenne on henkilöliikenteen osalta ollut lähes täysin pysähdyksissä aiheuttaen mm. Norwegianin toiminnan keskeytyksen ja omistuksen uudelleenjärjestelyn ([This is MONEY 20.5.2020](#)). Helsinki-Vantaan kentän kautta kulki huhtikuussa 2020 vain 2% tavanomaisesta matkustajamäärästä ([Yle 17.5.2020](#)). Vähentyneen liikenteen vuoksi aikatauluja on harvennettu ja yhteyksiä lakkautettu. Matkailun väheneminen on romahduttanut myös autovuokraamojen kysynnän. Suurista toimijoista Hertz on ajautunut selvitystilaan ensimmäisenä. Risteilyvarustamot ja lukuisat muut matkailualan yritykset ovat vakavissa vaikeuksissa; esimerkiksi ahvenanmaalainen risteily-yhtiö Birka Cruises on lopettanut toimintansa ([Kauppalehti 3.7.2020](#)). Työmatka- ja vapaa-ajan liikkumisessa on tapahtunut siirtymää joukkoliikenteestä yksityisautoiluun ja kevytliikennevälineisiin. Erityisesti polkupyörien myynti on poikkeuksellisen suurta ([New York Times, 18.5.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Henkilöliikennevälineiden turvallisuutta on lisätty desinfioimalla matkustajajaloja, suuntaamalla ilmanvaihtoa sekä jättämällä osa istuimista tyhjiksi. Monissa maissa julkisen liikenteen käyttäjät veloitetaan käyttämään maskeja. Suomessa Finnairin lentomatkustajien ja henkilökunnan on käytettävä pisaroiden leviämistä rajoittavia maskeja koko lennon ajan ([Yle 12.5.2020](#)). Useissa maissa joukkoliikenteen terminaaleissa mitataan matkustajien ruumiinlämpö tai suoritetaan muu terveystarkastus ennen matkaa. Ruumiinlämmön mittausta ei kuitenkaan pidetä tehokkaana keinona Sars-CoV-2 -tartunnan saaneiden tunnistamisessa ([Airport Technology 14.4.2020](#)). Tarkat helpot pikatestit ovat odotettu turvaratkaisu. Suomessa maahantulijoiden testaaminen on aloitettu loppukesällä ([Yle 17.8.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportti nostaa esiin useita henkilöliikenteeseen seuraavien 20 vuoden aikana vaikuttavaa teknologiaa. Kevyet henkilö- ja tavarakuljettimet on kuvattu luvussa 2.4.29 ja niiden osalta välitöntä etenemistä on pandemian vaikutuksesta tapahtunut kysynnän kasvuna. On syytä uskoa ihmisten arvostavan liikkumisen vapauttaan ja suhtautuvan jatkossa vähemmän luottavaisesti joukkoliikenteen luotettavuuteen. Kevyiden henkilöliikennevälineiden käyttö kasvanee pysyvästi. Raportin radikaali visio, autonominen liikenne, muuttuu pandemian vuoksi houkuttelevammaksi – oli sitten kyse kevyistä henkilölennättimistä 2.4.31 tai robottiautoista 2.4.28, kumpikin mahdollistaa yksilöllisen kuljetuksen ilman tartuntariskiä. Pandemian ei kuitenkaan voi katsoa nopeuttaneen kehitystä.

2.2. Tavaraliikenne ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Tavaraliikenteeseen on kohdistunut monia erityyppisiä häiriöitä ([Statista 3.6.2020](#)). EU on ohjeistanut jäsenmaita suosimaan tavaraliikennettä rajanylityksissä mm. maaliskuussa annettujen vihreän kaistan ohjeiden muodossa ([Euroopan Komissio 10.9.2020](#)) vähentääkseen häiriöitä.

Kansainvälisen henkilöliikenteen keskeytyminen on poistanut henkilö- ja tavaraliikenteen yhteiskäytössä olleita lautta- ja lentoliikenneyhteyksiä ([Kuljetus.Net 20.3.2020](#)). Tuotannon alkuvuoden keskeytyminen Kiinassa johti merikonttien pysähtymiseen Kiinaan ja konttipulaan muualla ([Yle 11.3.2020](#)). WTO arvioi huhtikuussa maailmankaupan voivan romahtaa jopa 32% vuonna 2020. IMF on -9% ennusteessaan optimistisempi ([UNIDO 26.5.2020](#)). Myös WTO on korjannut arviotaan vähemmän pessimistiseksi ([WTO 22.6.2020](#)).

Fyysisen asioinnin vähentyminen on kasvattanut verkkokauppaa ([Markkinointi & Mainonta 14.4.2020](#)). Tämä on muuttanut tavaraliikenteen rakennetta. Verkkokaupassa, perinteiseen verrattuna, kuljetettavat tavarat koostuvat heterogeenisemmistä tavaralajikkeista ja ne kuljetetaan perinteisen kaupan ohi esimerkiksi Postin ja Matkahuollon jakelulokerikkoihin tai suoraan kotitalouksiin. Päivittäistavaroiden tilaaminen verkosta on kasvanut moninkertaiseksi, ja tämä on lisännyt jakeluliikennettä samalla, kun kuluttajien asiointiliikenne on vähentynyt. ([Kaupan Liitto 20.4.2020](#))

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Lentoliikenteessä matkustajakoneita on muutettu lentorahdin käyttöön. Jakelutoiminnassa uusien kuljettajien ja toimitusosoitteiden äkillisen kasvun haasteita on vähentänyt paikannusjärjestelmien ja karttasovellusten laaja käyttö. Verkkokaupan sovellusten integroituminen logistiikan ohjaukseen asiakasta auttavalla tavalla sekä kännykkään toimitettavat jakelulokerikkojen saapumisilmoitukset ja digitaaliset avaimet ovat kasvattaneet merkitystään.

Monet verkkokauppaan tottumattomat kauppiat ja asiakkaat ovat hankkineet välittömästi epidemian alussa valmiuksia uuteen toimintatapaan. Amazon on ilmoittanut perustavansa Eurooppaan 1300 verkkokauppaan optimoituneen varasto- ja logistiikka-keskuksen verkoston ([Kaupan liitto 16.4.2020](#)). Kiinassa kuljettajattomien jakeluautojen kysyntä on kasvanut nopeasti koronaepidemian aikana ([Daily Mail 9.3.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportin ennakoima teknologiamurros on robotisoidun kuormauslogistiikan ja kuljettajattoman tavaraliikenteen kasvu. On aivan ilmeistä, että verkkokaupan kasvusta hyötyvät nyt erityisesti ne, joiden varastotoiminnot ja kuormaus on automatisoitu. Ihmisvoimin yksilöllisesti kerätty, pakattu ja jaeltu toimitus nostaa kustannuksia tuottamatta olennaista lisäarvoa. Verkkokaupan ja kotijakelun odotettu pysyvä kasvu tekee investoinnit verkkokauppaan optimoituihin rakenteisiin ja kuljettajattomaan jakeluun entistä houkuttelevimmiksi. Autonomisen liikenteen merkitys nähdään nyt enemmän osana tavaralogistiikkaa kuin henkilölogistiikkaa ([Reuters 18.5.2020](#)).

2.3. Tavaroiden valmistus ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Globaalissa tavaratuotannossa on pandemian aikana ollut merkittäviä keskeytyksiä. Kiinassa eristystoimet keskeyttivät suuren osan teollisesta tuotannosta helmikuussa ([CNBC 29.4.2020](#)). Tämä aiheutti laajoja häiriöitä kokoonpanoteollisuudessa. Esimerkiksi Fiat Chrysler ja Hyundai joutuivat keskeyttämään tuotantonsa Kiinasta toimitettujen osien loppuessa ([DW 27.4.2020](#)). Italiassa teollinen tuotanto romahti huhtikuussa 42% epidemian vakavimman vaiheen sulkutoimien vuoksi verrattuna edellisen vuoden huhtikuuhun ([CEIC Data 11.6.2020](#)).

Pandemia on aiheuttanut kysyntään merkittäviä muutoksia. Suojainten, lääkkeiden ja sairaalatarvikkeiden kysyntä on kasvanut ja monilta osin ylittänyt tarjonnan. Kuluttajakysyntä on useimmissa tuoteryhmissä laskenut ([WEF 2.5.2020](#)). Uusien autojen kauppa romahti EU:n alueella huhtikuussa 75% edellisen vuoden huhtikuuhun verrattuna ([DW 19.5.2020](#)). Toukokuussa laskua edelliseen vuoteen oli enää 52% ([Autocar 17.6.2020](#)). Toisaalta polkupyörien ja sähköpyörien sekä monien ulkoilu- ja retkeilyvarusteiden kauppa on kasvanut nopeasti ja suosittujen tuotteiden tilausajat ovat pidentyneet kuukausien mittaisiksi ([BBC 7.5.2020](#), [Markkinointi&Mainonta 8.6.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Komponenttien ja tarvikkeiden saataavuusongelmia on ratkottu 3D-tulostimien avulla. Esimerkiksi hengityskoneiden osia, suojaimia ja laboratoriotarvikkeita on 3D-tulostettu miljoonittain, mutta erityisesti harrastelaitteilla tulostamiseen liittyy monia riskejä eikä tulosteisiin käytettyjä malleja tai materiaaleja ole useinkaan hyväksytty lääketieteelliseen käyttöön ([The Conversation 5.5.2020](#), [3D Printing in Medicine 11.6.2020](#)).

Teollisuudessa älykkään robotiikan avulla toimivia joustavia tuotantolinjoja on laajasti uudelleenohjelmoitu vastaamaan muuttunutta kysyntää. Alkoholijuomia valmistava 58 Gin -tislamo on siirtynyt valmistamaan käsidesiä, autojätti GM ja pölynimurivalmistaja Dyson ovat muuttaneet tuotantolinjojaan valmistamaan hengityskoneita. Elektrooniikkavalmistaja Sharp on siirtynyt tilapäisesti valmistamaan näyttölaitteiden sijaan kirurginmaskeja. Nämä on mainittu yksittäisinä esimerkkeinä. ([BBC 13.4.2020](#))

Tavallinen ratkaisu alihankkijoiden tuotannosta tai logistiikasta johtuviin toimitusvaikeuksiin on alihankkijan vaihtaminen. Mikäli katkoksiin ei ole varauduttu, onnistuvat nopeat toimituskanavien vaihdot varmimmin verkkokaupan kanavien kautta ja silloin, kun tuoteominaisuudet tai rajapinnat on standardoitu. Yritysten välinen verkkokauppa onkin kasvanut pandemian aikana ([The Edge Markets 11.6.2020](#))

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportti kuvaa teknologiamurroksena robotisoidun, hajautetun yksilöllisen valmistuksen. Pandemia on selkeästi osoittanut joustavien, robotisoitujen tuotantomenetelmien voiman ([Control Engineering 18.3.2020](#)). Myös kyvykyys tuottaa kriittiset varaosat ja tarvikkeet itse on noussut ilmeiseksi, kuten alihankkijoiden korvattavuus. Sekä standardien että joustavan, hajautetun tuotantoteknologian merkitys kasvaa.

2.4. Ravinto (taustakuvaus)

Pandemian välittömät vaikutukset: Elintarvikkeiden määrällisessä saatavuudessa ei ole ollut laajoja ongelmia. Monilla alueilla vähävaraisen väestön riski ravitsemuksen riittävyydestä kuitenkin kasvaa toimitusvaikeuksien nostaessa hintoja ja talousongelmien lisätessä köyhyyttä ([Reliefweb 9.6.2020](#)). Epidemian alussa useiden helposti säilyvien elintarvikkeiden saatavuudessa oli ongelmia kotitalouksien ostaessa niitä varastoon. Myös suuret toimijat ovat kasvattaneet puskureitaan nostaten tuottajahintoja ([CNBC 19.4.2020](#)). Siirtotyöläisten liikkuvuuden rajoitukset ovat vaikeuttaneet maatalouden kausiluonteisia tehtäviä, joka johtanee osittaisiin sadon menetyksiin työvoimavaltaisilla tuotannon aloilla ([Maaseudun Tulevaisuus 18.6.2020](#)).

Suurin pandemian aikainen muutos elintarvikejakelussa on seurausta koulujen ja työpaikkojen ruokaloiden sekä ravintoloiden sulkemisesta. Laajamittainen siirtymä kotiruokailuun on kasvattanut valmisruoan ja vähittäiskauppaan sopivien, helposti valmistettavien tuotteiden osuutta. Paikallisesti monia eri tuotteita jää varastoihin pandemian aiheuttamien häiriöiden ja kulutuksen muutoksen vuoksi ([BBC 13.4.2020](#), [MTK 18.4.2020](#)). Siirtymä laitosruokailusta nouto- ja kotiruokaan on kasvattanut pakkausjätteen määrää merkittävästi ([Aamulehti 25.5.2020](#)). Tämä siirtymä on myös ainakin Suomessa johtanut kotimaisen ruoan osuuden kasvuun ([YLE 19.3.2020](#)).

WHO on varoittanut pandemian vaikutuksesta yleistyvän prosessoidun valmisruoan haitoista ja ohjeistanut terveelliseen tuoretuotteita sisältävään kotiruokailuun ([WHO 19.6.2020](#)). Kaikki kotitalouksien keinot pandemian välttämiseksi eivät ole olleet turvallisia. USA:ssa terveysviranomainen on tutkimuksissaan havainnut kloriittia käytetyn pandemian aikana mm. elintarvikkeiden pesussa kasvavassa määrin vaaroja aiheuttaen ([CDC 24.4.2020](#), [Forbes 7.6.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Epidemian aikainen sosiaalinen etäännyttäminen elintarviketuotannossa ja laitoskeittiöissä kasvattaa automaation ja teknisten työvälineiden merkitystä ([RobotReport 24.3.2020](#)). Lukuista laitoskeittiöiden työvaiheita on jo automatisoitu sekä työvoimakustannusten että hygieniavaatimusten vuoksi ([Robotics Tomorrow 5.5.2020](#)). Nopeimpia muutoksia ovat olleet kontaktittomat kassat, kassojen suojaimet ja noutopalvelut, sekä ruoka-annosten verkkokauppa, mutta myös robottijakelun kokeilujen suosio on kasvanut ([CNet 15.4.2020](#)).

Maataloustuotannossa automaation osuus on ollut jatkuvassa kasvussa, mutta pandemian aikana toimitusketjuja lyhentävän tiloilta kuluttajalle toimituksia tukevan teknologian merkitys on kasvussa ([AgFunder 30.4.2020](#)). Elintarvikevarmuuden järkkyminen on lisännyt kotitalouksien sisäviljelmiä ja vahvistanut uskoa kaupunkiviljelyyn yleisesti ([WEF 9.4.2020](#), [FoodNavigator 12.5.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: Pandemia on herättänyt yhteiskunnan laajasti elintarvikevarmuuden ja ruokaturvallisuuden kysymyksiin. [Suomen sata uutta...](#) -raportin ennakoima teknologiamurros kohti kaupunkiviljelyä ja robottikeittiöitä on saanut pandemiasta selkeän sysäyksen eteenpäin. Ilmeiseltä vaikuttaa myös, että perinteisen maatalouden robotisaatio jatkaa etenemistään.

2.5. Energia ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Liikenteen väheneminen ja keskeytykset teollisessa toiminnassa ovat vähentäneet öljyn kulutusta tavalla, johon tuotanto ei ole sopeutunut. Varastointikapasiteetti on loppunut ja raakaöljyn hinta on pandemian aikana ollut hetkittäin jopa negatiivinen ([IEF 1.4.2020](#)). Teollisen toiminnan seisokit ovat vaikuttaneet olennaisesti myös sähkön kysyntään, joka laski useissa Euroopan maissa enimmillään noin 20% ajankohdan normaaliin verrattuna ([ICIS 22.4.2020](#)). Uusiutuvien energialähteiden ja ydinvoiman osuus energiatuotannossa on noussut hiilen ja öljyn ollessa suurimmat häviäjät ([WEF 18.5.2020](#)). Pandemia saattaa vauhdittaa myös Nesteen Naantalin jalostamon alasajoa ([Yle 14.9.2020](#)).

Energiainvestoinnit ovat vähentyneet toimitushäiriöiden, taloudellisen epävarmuuden ja öljyn alhaisen hinnan vuoksi. Aurinkoenergiahankkeiden ja energiavarastojen kasvun arvellaan toteutuvan 20% odotettua alhaisempina vuonna 2020 ([Energy Choice Coalition 17.4.2020](#)). Autokaupan hidastuminen viivyttää liikenteen odotettua sähköistymistä huolimatta sähköautojen ja hybridien pandemian aikanakin jatkuneesta markkinaosuuden kasvusta ([Guardian 2.6.2020](#)).

Talouden elvytystoimista tulee hyvin mittavia. Tämä kasvattaa yhteiskunnan roolia ja kollektiivista intressiä investointien ohjaamisessa. Elvytystoimia erityisesti Euroopassa on valmisteltu suunnattavaksi vihreän siirtymän mukaiseen kehitykseen, esimerkiksi vetytalouteen ([PV Magazine 19.6.2020](#)). Toteutuessaan tällä on merkittävä vaikutus uusiutuvan energian kasvuun. ([Euroopan komissio 27.5.2020](#))

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Sähköverkot ovat toistaiseksi kestäneet kysynnän vaihtelun jopa Intiassa, jossa sähköverkko on perinteisesti ollut häiriöherkkä ([The Hindu, 4.4.2020](#)). Esimerkiksi Yhdysvalloissa varoitetaan verkkojen riittämättömyydestä laajojen eristystoimien jatkuessa kesällä ja kotien ilmastointien kuormittaessa sähköverkkoa arkipäivinä ([Energy Central 9.4.2020](#)).

Verkkoja on jo pitkään automatisoitu. Uusiutuvan energian epätasainen tuotanto sähkövarastointeen ja sähköautojen lataus ovat nekin omalta osaltaan pakottaneet kehittämään verkkojen kuormituksen vaihtelua ja vikasietoisuutta. Toimitusepävarmuus on yleensä johtanut sähkön saannista erityisen riippuvaiset toimijat turvaamaan sähkönsaantinsa häiriötilanteissa omien aggregaattiansa avulla. Aggregaattien globaalin kysynnän arvioidaankin nousevan pandemian vaikutuksesta, mutta vaikutusta liudentaa hajautettu aurinkosähkön tuotanto ja energiavarastojen yleistyminen ([Business Wire 16.6.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta...](#) -raportti ennakoi teknologiamurroksena uusiutuvien, hajautettujen energialähteiden ja -varastojen merkityksen kasvua. Käynnistytvä elvytys korostaa kollektiivista intressiä ja suuntaa kohti vihreää energiaa. Fossiilisen energian tuottajat ovat lisäksi kärsineet muita enemmän tappioita. Näistä syistä voidaan uskoa pandemian vahvistaneen suuntaa kohti uusiutuvia energiamuotoja. Sähkön hankintavarmuuden korostuessa voidaan myös olettaa energiatuotannon ja energiavarastojen hajautuksen sekä hajautetun varavoiman lisääntyvän. Ymmärrys sähkön keskeisestä roolista kriisitilanteissa on kasvanut.

2.6. Materiaalit ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Sulkutoimet ja joidenkin raaka-aineiden tai komponenttien saatavuusongelmat ovat vähentäneet muiden raaka-aineiden kysyntää, jota laskua on edelleen voimistanut ennakoitu globaali taantuma. Esimerkiksi keskeisten metallien hinnan on arvioitu laskevan USA:n ja Kiinan kauppasodan tasoa alemmaksi ([BusinessWire 6.5.2020](#)). Metsäteollisuudessa painopaperin kysyntä on pandemian seurauksena vähentynyt, mutta monien erikoispaperien ja pakkausmateriaalien kysyntä on säilynyt hyvänä tai vahvistunut ([Yle 20.5.2020](#)).

Pandemian edetessä ovat materiaali- ja tavaravirrat häiriintyneet. Erityisen voimakkaasti tämä on ilmennyt terveydenhuollon kriittisten tuotteiden ja raaka-aineiden toimituksissa. Arviolta 80% Euroopan lääkeenteollisuuden käyttämistä kemikaaleista tulee Kiinasta ja Intiasta ([Chemical&Engineering News 27.4.2020](#)). Lähes kaikissa keskeisissä kemianteollisuuden raaka-aineryhmissä kysyntä laski alkuvuoden aikana, mutta vaikutukset ovat moninaisia. Esimerkiksi desinfiointiaineiden kysyntä kotitalouksiin kasvoi samaan aikaan, kun yritysasiakkaiden ostot vähentyivät ([Cision 18.5.2020](#)). Materiaalivirtoihin vaikuttaa jatkossa UNCTADin arvioima suorien ulkomaisten investointien 30-40% pudotus ([UNIDO Huhtikuu 2020](#)).

Pandemia on vaikeuttanut kierrätystä monin tavoin. Eristystoimien vuoksi kotitalousjätteen määrä on kasvanut voimakkaasti samalla, kun jätteenkäsittelylaitoksia on suljettu ja kasvava määrä vanhainkotien ja sairaaloiden jätteistä on jouduttu käsittelemään tartuntariskeinä. Myös tavallisessa muoviroskan ja muun kierrätysmateriaalin keräyksessä tartuntariski on kasvanut. Tilannetta vaikeuttaa lisäksi öljyn hinnan lasku, jonka seurauksena kierrätysmuovista maksettu hinta on romahtanut. ([BBC 1.5.2020](#), [WEForum 6.5.2020](#))

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Joustavat tuotantolinjat ovat auttaneet tuotannon uudelleensuuntaamisessa. Esimerkiksi kaivosteollisuudessa kauko-ohjattavat työkoneet ovat mahdollistaneet työntekijöiden sosiaalisen etäännyttämisen ([FLSmidth 21.6.2020](#)). Kierrätyksessä robotisaatio on osoittanut vahvuutensa myös tartuntavaaraa vähentävänä ratkaisuna ja kierrätykseen käytettyjen robottien kysyntä on kasvussa ([NY Times 10.4.2020](#)). Desinfiointiaineiden ja muiden kemikaalien saatavuutta on ratkottu käynnistämällä paikallista tuotantoa ([Yle 12.3.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: Laajan väestönosan totuttua verkko-kauppaan, jäänee pakkausmateriaalien kysyntä aiempaa korkeammalle tasolle tai jatkaa kasvuaan. Pakotettu tottuminen digitalisaatioon ja etätöihin vähentäneet toisaalta toimistopaperin kysyntää pysyvästi. Antibakteeristen pintamateriaalien, desinfiointiaineiden ja lääkeenteollisuuden raaka-aineiden kysyntä jäänee myös pitkäaikaisesti korkeaksi. [Suomen sata uutta... -raportti](#) ennakoii teknologiamurrokseksi kiertotalouden ja uusiutuvien materiaalien osuuden kasvua. Kiertotalouden robotisaatio ja talouden elvytykseen liittyvä yhteiskunnan tuki, esimerkiksi Euroopan vihreä kehitys, vauhdittavat odotettavasti kehitystä. Robotisaatio saanee pandemian vaikutuksesta yleisemmin pitkäaikaisen sykäyksen. Toimitusvarmuuden ongelmien vuoksi rinnakkaisia hankintakanavia ja paikallista valmiutta kriittisten materiaalien tuottamiseen lisätään.

2.7. Rakennettu ympäristö ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Rakennusalan haasteet ovat moninaiset alkaen työvoiman ja tarvikkeiden saatavuudesta kysynnän muutoksiin, sopimusongelmiin ja rahoituksellisiin haasteisiin ([European International Contractors 22.6.2020](#)). Rakentamisen volyymi putosi EU:n alueella 23,7% helmikuusta huhtikuuhun ([Eurostat 18.6.2020](#)). Suomessa rakentaminen ei ole merkittävästi hidastunut, mutta uusien hankkeiden määrä laskee 2020/2021 jaksolla asuntorakentamisessa arviolta neljänneksellä. Asuntokauppa on Suomessa laskenut 30-50%, mutta sijoittajien kiinnostus uudisasuntoihin on säilynyt ja vuokra-asuntojen tarjonta lisääntynyt. Asuntojen hintakehityksessä ei ole muutoksia ([Ympäristöministeriö 28.5.2020](#)).

Kodeista on tullut jumppasaleja ([Human Movement 9.5.2020](#)) ja työpaikkoja kotien samalla digitalisoituessa ja muuttuessa aiempaa vähemmän yksityiseksi tilaksi ([Big Data & Society 28.7.2020](#)).

Siirtyminen etätööhön on sulkenut monet toimistot. Samaan aikaan asiointi on siirtynyt laajasti fyysisistä liiketiloista verkkoon. Suomessa osa vuokranantajista on myöntänyt vuokranmaksuun liittyviä helpotuksia siksi ajaksi, kun tiloja ei ole voinut tarkoitettuun toimintaan käyttää; on epäselvää, onko vuokralaisella vuokran kohtuullistamiseen oikeutta ([HPP 25.3.2020](#)). Kiinteistöjen ylläpitoon ja kunnossapitoon vaikutukset ovat olleet vähäisiä pois lukien käytössä olevien asiointi- ja palvelutilojen desinfiointitarve sekä käytöstä poissa olevien tilojen siivoustarve ([Granlund 24.3.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Erityisesti palvelutoimialalla käsineiden ja maskien käyttöä, palvelutiskien ja kassojen suojalaseja, jonotusmerkintöjä sekä ruokailu- ja odotustilojen istuimia harventamalla on pyritty vähentämään altistumista tartunnalle. Desinfiointiaineiden käyttöä on lisätty, ilmanvaihdon suuntaamista ja vaihtoilmamäärää säätämällä on vähennetty tartuntariskiä. UV-C-valaisimia on myös käytetty tartuntavaarallisissa tilanteissa viruksen tappamiseen pinnoilta ja tekstiileistä ([Rehva 3.4.2020](#), [Finavia 12.5.2020](#), [TTL 22.6.2020](#), [LED Inside 27.3.2020](#)).

Kiinnostus puhdistusrobotteihin on kasvanut erityisesti riskiryhmien käyttämissä ja tartuntavaarallisissa tiloissa. UV-C -valoa käyttävien desinfiointirobottien kysyntä on kasvanut epidemia-alueilla merkittävästi ([AllWork 26.5.2020](#), [BBC 20.3.2020](#)). HEPA-suodattimia käytetään estämään viruspartikkelien leviämistä ilmanvaihdon kautta, mutta myös erillisinä ilmanpuhdistimina ([Businesswire 6.5.2020](#), [Lifa Air 21.4.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: Etätö ja digitaaliset palvelut ovat tulleet organisaatioille ja asiakkaille tutuiksi. Monet kokemukset ovat olleet hyviä ja uusien käytäntöjen arvioidaan jäävän osittain pysyviksi. Tämä vähentää toimitilojen ja liiketilojen sekä parkkipaikkojen tarvetta. Toisaalta monissa kodeissa on kaivattu erillistä etätööhön sopivaa tilaa. Verkkokaupan kasvu lisää jakelulokerikkojen tarvetta ja näiden kaikkien digitaalisten palveluiden lisääntyminen laajentaa haja-asutusalueiden palvelutarjontaa sekä lisää haja-asutusalueiden houkuttelevuutta. [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportti ennakoi teknologiamurrokseksi rakentamisen ja kunnossapidon robotisaatiota. Erityisesti kunnossapidon robotisaatio on pandemian seurauksena vauhdittunut.

2.8. Vaihdata ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Liikkumisrajoitukset ovat muuttaneet kaupan käynnin tapoja sekä kuluttajakaupassa että organisaatioiden välisessä kaupassa. Tämä, yhdessä muiden epävarmuuksien kanssa, vähentää vaihdannan arvoa ([WorldBank 4.2020](#)). Verkkokaupan osuuden kasvu on erityisen voimakasta päivittäistavaroissa ja apteekkituotteissa. Nopea kasvu on aiheuttanut opportunistista hinnoittelua ja ongelmia toimitusvarmuudessa. Erityisesti kehitysmaissa digitaalisen infrastruktuurin ja kyvykkyyksien puutteet ovat käyneet ilmeisiksi pandemian osoittaessa digitalisaation tärkeyden. ([WTO 4.5.2020](#), [EConsultancy 19.6.2020](#), [DigitalCommerce360 8.6.2020](#))

Organisaatioiden välisessä kaupassa toimitusepävarmuudet ovat johtaneet tarpeeseen lisätä alihankkijavaihtoehtoja ja kasvattaa omaa toimitusvarmuutta sekä suojautua sopimuksellisesti ([ORCommerce 3.6.2020](#)). Jopa 90% B2B-kaupasta on siirtynyt verkkokaupan alustojen, videoneuvotteluiden ja puhelimen avulla neuvoteltaviksi fyysisten kokousten ja muiden kauppatapahtumien sijaan ([McKinsey 30.4.2020](#)). Siirtyminen asiakasvuorovaikutukseen verkossa muuttaa myynnin tavoitteita, koska riski asiakassuhteen löyhentymiseen ja asiakaskatoon kasvaa ([Incentive Solutions 9.4.2020](#)).

Jakamistalouteen perustuva alustatalous on kärsinyt pandemiasta merkittävästi. Autojen ja asuntojen jakaminen nähdään ehkä vielä pitkään tartuntariskinä, vaikka matkailu elpyisikin. Jakamistalous perustuu luottamukseen eikä alustoilla ole ollut keinoja taata terveysturvallisuutta ([Telecoms.com 2.6.2020](#), [Bloomberg 27.3.2020](#)). Käteisen rahan käyttö on romahtanut epidemian aikana ([HS 13.8.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Lähimaksujen ja mobiilimaksamisen ratkaisuja on otettu laajasti käyttöön tartuntojen välttämiseksi ([Mobilepaymentstoday 8.6.2020](#)). Monikanavaisuusikäytäntöjä on omaksuttu esimerkiksi sallimalla sekä tilaaminen että maksaminen verkkokaupassa, vaikka nouto tai kotiin toimitus tapahtuvat fyysisesti ([Sourcing Journal 4.6.2020](#)). Uusia verkkokauppoja on perustettu hyvin runsaasti esimerkiksi Suomessa epidemian alun jälkeen ([Hämeen Sanomat 1.4.2020](#)).

Myynti- ja markkinointiresursseja on siirretty verkkokauppaan, videotapaamisiin ja sosiaaliseen mediaan ([Harvard Business Review 10.3.2020](#)). Virtuaalimessujen ja muiden kauppa- ja esittelytapahtumien järjestäminen verkossa on lisääntynyt ([Just Style 24.3.2020](#), [Fashion United 14.4.2020](#)). Digitaalisten allekirjoitusten käyttö on kasvanut ja esimerkiksi Suomessa merkittävä osa lainajärjestelyistä ja asuntokaupoistakin on epidemian aikana toteutettu ilman fyysistä kohtaamista ([Danske Bank 27.3.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: Sekä yksilöt että organisaatiot ovat saaneet runsaasti uusia valmiuksia digitaaliseen kaupankäyntiin. [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportti ennakoi teknologiamurrokseksi verkkokaupan ja digitaalisten alustojen sekä vertaistoiminnan kasvua. Monelta osin pandemia on edistänyt tätä kehitystä, mutta fyysisen jakamistalouden osalta välitön vaikutus on ollut negatiivinen ja pitkäaikaisesta vaikutuksesta jakamistalouteen on toistaiseksi vaikea vetää johtopäätöksiä.

2.9. Etävaikuttaminen ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Epidemian aikaiset pelot sekä matkustus- ja kokoontumisrajoitukset ovat estäneet tai vaikeuttaneet fyysiseen kohtaamiseen perustuvia vaikuttamisen tapoja. Kokoukset, myynti- ja koulutustilaisuudet on peruttu tai järjestetty tietoliikenneyhteyksien avulla. Videoneuvottelupalveluiden tarjoajat ovat kilpailleet uusista käyttäjistä, ja nämä puolestaan ovat pyrkineet opettelemaan etäneuvottelutekniikoita antaakseen itsestään kamerakuvassa mahdollisimman hyvän vaikutelman ([Washington Post 16.3.2020](#)). Suosituin sovellus, Zoom, moninkertaisti käyttäjämääränsä globaalisti yksittäisen pandemiakuukauden aikana. USA:ssa videoneuvottelusovellusten lataukset kasvoivat alkuvuodesta yli 600% ([Visual Capitalist 4.5.2020](#)).

Lukuisat määräykset ja käytännöt ovat rajoittaneet etävaikuttamista. Pandemian vaikutuksesta uudistusten vastustus on vähentynyt ja käytäntöjä on laajasti muutettu suosimaan etäopetusta, etädiagnostiikkaa; Euroopan Parlamentti on sallinut etäosallistumisen äänestystilanteissakin ([News European Parliament 17.4.2020](#), [MobiHealth-News 27.5.2020](#), [Kouvolan Sanomat 4.6.2020](#)). Etäneuvontaa käytetään yhä laajemmin myös asiantuntijatehtävissä ([ABB 8.4.2020](#)). Etäneuvotteluiden tietoturvaan on kiinnitetty huomiota tietoturvariskien estäessä etäyhteyksien käyttöä ([EFF 19.3.2020](#)).

Kriisitilanne on lisännyt puhelimitse tehtyjen petosten määrää ([FCC 24.6.2020](#)). Sekä puheliverkon että internetin liikennemäärät ovat kasvaneet epidemian aikana aiheuttaen verkkojen ruuhkautumista ([Euronews 25.3.2020](#)). Sosiaalisen median käyttö on palannut kasvu-uralle ja samalla sekä palveluntarjoajien että käyttäjien suhtautuminen valheellisen tiedon jakamiseen on muuttunut jyrkemmäksi ([Forbes 24.4.2020](#)). Perinteisen median merkitys on korostunut ihmisten kaivattessa luotettavia uutislähteitä ([Western FIMS 24.6.2020](#), [WEForum 2.4.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Zoomin, Teamsin ja muiden videoneuvottelu- ja webinaaripalveluiden ohella käytännön taitojen etäopastukseen paremmin soveltuva lisätyn todellisuuden teknologia kasvaa ([EnterpriseIoT 8.4.2020](#)). Myös ns. etiäisiä eli etäläsnäölorobotteja on otettu aiempaa enemmän käyttöön ([BusinessKorea 5.6.2020](#)). Terveystieteiden alalla etiäisillä nähdään epidemioiden aikana erityisen suuri merkitys ([AdvancedIntelligentSystems 5.5.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: Pandemia on lisännyt yhteiskuntien tietoliikenne riippuvuutta globaalisti ja osoittanut haavoittuvuuksia sekä puutteita osaamisessa, regulaatioissa ja infrastruktuurissa. Kyvykyys etävaikuttamiseen kasvaa pysyvästi. [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportti ennakoii teknologiamurrokseksi VR/AR-teknologioiden, etiäisten ja muun kauko-ohjauksen lisääntymistä. Nämä ovatkin saaneet selkeän sykäyksen eteenpäin. Lisäksi näyttää ilmeiseltä, että kiinnostus kasvaa myös kehitysmaiden tietoliikennevalmiuksien kehittämiseen esimerkiksi Starlink-satelliittijärjestelmän avulla. Etävaikuttamisen palveluiden määrä tulee lisääntymään ja palvelutarjonta ylittää rajat.

2.10. Työn korvaus koneilla ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Ihmistyön korvaus koneilla on pitkäaikainen trendi, jota pandemia vauhdittaa useista syistä ([CNBC 2.3.2020](#)). Tartuntariski ja liikumisrajoitukset nostavat työvoimakustannuksia ja aiheuttavat epävarmuutta työvoiman saantiin ([Vanguard 4.6.2020](#)). Sosiaalisen etäännyttämisen ja hygienian tarve suosii robottien käyttöä esimerkiksi päivittäistavarakaupan siivous-, hyllytys-, keräily ja jakelutehtävissä ([CNN 7.4.2020](#)). Alihankinnan ja logistiikan vaikeutuminen ohjaa yrityksiä digitaaliseen verkkokauppaan ja paikalliseen robotisoituun tuotantoon ([SupplyChainBrain 4.5.2020](#), [Roi Revolution 1.5.2020](#)).

Terveydenhuollossa pandemia on tartuntariskin kasvaessa vähentänyt fyysisten käyntien osuutta ja lisännyt automaattista terveystiedon keräämistä. Ihmisen elintoimintoja tai sijaintia jatkuvasti mittaavat laitteet ja tietoja yhdistelevät palvelut korvaavat henkilövaltaista terveydenhuoltoa ja tartuntojen jäljitystä ([CNBC 23.6.2020](#)).

Korkeasti automatisoidut toiminnot ovat säilyttäneet kannattavuutensa paremmin ja häiriintyneet henkilövaltaisia prosesseja vähemmän; lisäksi ongelmien välttäminen etätyöhön siirtymällä on ollut helpompaa korkean automaation ympäristöissä kuin perinteisissä fyysistä läsnäoloa vaativissa tehtävissä ([VOX 25.6.2020](#)). Paine etätyöhön siirtymiseen onkin tämän vuoksi kasvattanut automaation roolia ([KPMG 4.2020](#)). Pandemian aikaiset massiiviset irtisanomiset ja lomautukset ovat myös tehneet irtisanotujen tehtävien korvaamisen automaatiolla helpommaksi ([VOX 29.5.2020](#)).

Suorien vaikutusten ohella on kiinnitettävä huomiota siihen, millä tavoin pandemia on muuttanut kulutusta. Pääsääntöisesti henkilövaltaisten palveluiden käyttö on vähentynyt enemmän kuin tuotannoltaan korkealle automatisoitujen fyysisten tuotteiden kulutus, ja digitaaliset palvelut ovat joiltakin osiltaan kasvaneet radikaalisti ([Brookings 17.3.2020](#), [Brookings 14.4.2020](#)). Robottien periaatteellinen vastustus ihmistyön korvaajana on pandemian edetessä vähentynyt ja yhä useammin robotit koetaan turvaliseksi vaihtoehdoksi ([Sloan Review 12.5.2020](#), [BBC 19.4.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Keskeisiä pandemian aikana rooliaan kasvattaneita ihmistyötä korvaavia teknologioita ovat mm. konenäkö ja muu tekoäly, kauko-ohjattavat robotit, 3D-tulostus ja joustavat tuotantolinjat, autonomisesti liikkuvat kuljettimet ja työkonet sekä tietoliikenne ja pilvipalvelut ([Conversation 6.5.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: Koneiden hyväksyttävyys henkilötöiden korvaajana teollisuuden lisäksi myös palvelualoilla on kasvanut ja vaikutus jäänee pysyväksi. Etävalvottavien ja kauko-ohjattavien, osittain tai kokonaan autonomisten koneiden osuus palveluissa kasvaa; erityiseksi kasvualueeksi nähdään automatisoitu kansanterveyden seuranta ja robotisoitu paikalliseksi hajautettu tuotanto ([VoxEU 28.4.2020](#)). [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportti ennakoii teknologiamurrokseksi hajautetun, koneälyyn ja joukkoistukseen perustuvan henkilötöitä korvaavan automaation lisääntymisen. Nämä osa-alueet ovat kaikki saaneet pandemiasta kasvusykäyksen.

2.11. Työ ja ansainta ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Sosiaalinen etäännyttäminen on ohjannut useimmat henkisen työn tekijät etätöihin ([Yle 5.4.2020](#)). Näin on tapahtunut erityisesti kehittyneissä maissa, joissa etätöiden edellytykset ovat hyvät: tietoliikenneyhteydet hyvät, aineistot sekä prosessit digitalisoitu ja henkisen työn osuus suuri ([VOX 11.5.2020](#)).

Osa töistä on loppunut erilaisten rajoitusten ja kysyntätilanteen muutoksen seurauksena. Esimerkiksi Suomessa pandemian välittömiä vaikutuksia työllisyyteen ovat liudentaneet erilaiset yritystuet ja lomautusjärjestelmä ([TEM 28.5.2020](#)). Työvoiman siirtyminen ongelma-aloilta kasvaneen tarpeen aloille on ollut merkittävää ([Vantaan Sanomat 18.3.2020](#)). Työttömyysluvut vaihtelevat maittain suuresti. Esimerkiksi USA:ssa 30 miljoonaa ihmistä ilmoittautui työttömäksi maalisi- ja huhtikuussa. Työttömyyskorkaukset tasoittavat erityisesti Euroopassa työttömyyden vaikutuksia yksilötasolla samalla ylläpitäen kulutuskysyntää ([WEForum 13.5.2020](#)). Palkallinen sairausajan vapaa on myös auttanut rajoittamaan epidemian leviämistä ([Time 13.3.2020](#)). Pandemia ei ole aiheuttanut tulonmenetyksiä tasaisesti. Tulonmenetykset ovat kohdistuneet voimakkaammin matalapalkkaisiin palvelualoihin kuin digitalisoituihin ja automatisoituihin toimialoihin, organisaatioihin ja työtehtäviin ([VOX 25.6.2020](#), [PEW 21.4.2020](#)).

Etätö, lomautukset ja työttömyys sekä sosiaalinen eristys ovat lisänneet moninaisten ”tee se itse” -remonttihankeiden, puutarhanhoidon ja käsitöiden määrää ([New York Times 22.4.2020](#)). Useiden palvelualojen toiminnan keskeytys on johtanut osakearvojen romahdukseen ja omistuksen liudentumiseen, vaikka resurssit itsessään eivät ole tuhoutuneet ja osakemarkkinoiden romahdus kokonaisuutena näyttää jäävän lyhytaikaiseksi. Muutokset, kuten digitalisaatio ja robotisaatio, saattavat kiihdyttää kehitystä, jossa pääoman osuus tulonmuodostuksessa kasvaa. ([TechXplore 13.6.2020](#), [VOX 26.6.2020](#), [McKinsey 25.6.2020](#), [Forbes 26.6.2020](#)). Merkittävää roolia tulonjaossa ja omaisuuksien arvonkehityksessä edustavat keskuspankit ja valtiot massiivisine tukiohjelmineen ([Euronews 28.5.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Tietoverkkojen kyky ja sähköisen maksuliikenteen valmius vaihtelevat maittain ja alueittain eikä etätöihin siirtyminen teknologiarajoitusten vuoksi ole kaikkialla ollut mahdollista ([HBR 29.4.2020](#)). Erityisen merkityksellistä etätöihin siirryttäessä on se, miten kattavasti työprosesseja on digitalisoitu ja kyetty ottamaan huomioon tietoturva ja sähköinen tunnistautuminen. Opetus-, tutkimus- ja neuvontatehtävissä aineistojen digitalisoinnin ja videoneuvotteilyyhteyksien rooli on merkittävä.

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: Etätö ja digitaaliset palvelut lisääntyvät pysyvästi. Tämä kasvattaa rajojen yli suoritettavaa työtä ja tasaa alueiden välisiä palkkaeroja, mutta saattaa lisätä alueiden sisäisiä tuloeroja. Palkkatyön osuus vähenee ja voi korvautua digitaalisella mikroyrittäjyydellä. Yhteiskunnan avustushjelmat vahvistavat kollektiivisia arvoja samalla, kun digitalisaatio parantaa jatkuvasti alustayhteistyön edellytyksiä. [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) raportin ennakoi teknologiamurros on yhteistyön, omavaraisuuden ja mikroyrittämisen kasvu. Näiden voi katsoa vauhdittuneen.

2.12. Terveys ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Pahimmilla epidemia-alueilla terveydenhuolto on ylikuormittunut, tarvikkeet loppuneet, hoitohenkilökunta sairastunut puutteellisten prosessien ja suojausten vuoksi ([New York Times 24.3.2020](#), [Conversation 8.4.2020](#), [PMC 6.4.2020](#)). Kuormittuneisuuden ja tartuntavaaran vuoksi kiireetöntä hoitoa on siirretty ja potilaita autettu telelääketieteen keinoin ([Eksote 13.3.2020](#), [WHO 28.8.2020](#), [CDC 10.6.2020](#), [UCSF 3.8.2020](#)).

Yksilötasolla ihmiset ovat suositusten mukaan laajasti lisänneet käsihygieniää, suojakäsineiden ja maskien käyttöä, pintojen desinfiointia, sosiaalisia etäisyyksiä sekä seuranneet terveydentilaansa erilaisin terveysrannekkein ja muin apuvälinein ([WHO 27.6.2020](#), [ABI Research 18.4.2020](#)). Pandemia on kasvattanut lääketieteellisen tutkimuksen resursseja ja tutkimusta on nopeasti suunnattu Sars-CoV-2 -viruksen ominaisuuksiin ja torjuntaan ([European Commission 6.3.2020](#), [ResearchConnect 27.6.2020](#)). Erittäin suuri potilasmäärä ja tehokkaiden hoitokeinojen puute on johtanut suureen määrään hoidollisia kokeiluja ja rokotekehitysprojekteja ([Johns Hopkins 14.5.2020](#)).

Tartuntojen estämiseksi on asetettu sekä yleisiä kohtaamisia rajoittavia määräyksiä että yksilöllisempiä viruksen kantajille ja altistuneille määrättyjä karanteenitoimia. Näihin liittyviä testaus- ja jäljitysvalmiuksia on kehitetty ja otettu käyttöön maittain ja epidemiavaiheittain vaihtelevassa laajuudessa ([OurWorldinData 25.6.2020](#)). Suomessa jäljityssovelluksen vastaanotto on ollut hyvä ([Iltalehti 7.9.2020](#)). Monet torjuntatoimet ovat politisoituneet, selkeimmin mm. USA:ssa ([Harvard Political Review 21.5.2020](#)).

Huomattava osa sairastuneista toipuu taudista hyvin hitaasti. Taudin on havaittu vaurioittavan keuhkoja, verisuonistoa, maksaa, munuaisia, sydäntä ja aivoja sekä altistavan erilaisille jälkitaudeille; vammojen hoitokustannukset saattavat jäädä pitkäaikaisesti korkeiksi ([Washington Post 10.5.2020](#), [Nature 22.6.2020](#), [BBC 23.6.2020](#), [Jama Cardiology 27.7.2020](#)). Monet pelot, rajoitukset sekä taloudellinen ahdinko aiheuttavat myös henkisiä ongelmia ja perheväkivaltaa ([Yle 7.4.2020](#)). Pandemian psykologisia vaikutuksia on tutkittu jo laajasti mm. lasten, terveydenhuollon henkilöstön, lisääntymisterveyden, toivottomuuden, ahdistuksen, psykosomaattisten ongelmien ja persoonallisuusmuutosten näkökulmista ([APA 1.6.2020](#), [Medium 13.4.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Tärkeimmät Sars-CoV-2-viruksen torjunnan teknologiat liittyvät hygieniaan, suojaimeen, itsediagnostiikkaan, telelääketeeseen, tehohoitoon, testaukseen, lääkintään ja rokotetutkimukseen ([Health Europe 17.4.2020](#), [TechCrunch 28.5.2020](#), [BBC 1.4.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: On ilmeistä, että epidemiologia, tehohoidon kyvykkyys, ymmärrys koronaviruksista ja tartuntojen jäljityksestä sekä ehkäisystä kehittyä pysyvällä tavalla. [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportissa ennakoitu teknologiamurros on itsediagnostiikan, terveyden pelillistämisen ja yksilöllisen funktionaalisen ravinnon kasvu. Näistä itsediagnostiikka on saanut selkeän sykäyksen pandemian seurauksena. Jäljitysautomaatiikan ja epidemiaan liittyvien palveluiden voi myös uskoa edistävän terveyden pelillistämistä. Väestön yleinen terveystietoisuus on kasvanut.

2.13. Toimintakyvyn avusteet ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Toimintakyvyltään rajoittuneiden ihmisten elämää helpotetaan erilaisten lääketieteellisten apuvälineiden, kotiavustajien ja laitoshoidon keinoin. Erityisesti proteesien ja muiden sairaalassa tai vastaanotolla käyntiä vaativien apuvälineiden saaminen on hankaloitunut pandemia-aikaisen priorisoinnin vuoksi ([PMC 12.5.2020](#)). Laitosolosuhteissa tartunnat ovat levinneet usein nopeasti sekä henkilökuntaan että asukkaisiin aiheuttaen laajaa kuolleisuutta erityisesti vanhusten hoivakodeissa ([BBC 9.5.2020](#), [Euronews 14.5.2020](#)).

Vanhusväestöä on kohdeltu erityisenä riskiryhmänä iän tuoman merkittävästi kohooneen kuolleisuusriskin vuoksi. Vanhainkoteja on ohjeistettu lukuisiin suoja toimiin. Näihin kuuluvat mm. vierailujen rajoittaminen, henkilökohtaisten suojainten käyttö, asukkaiden ja henkilökunnan sekä tilojen kohortointi, henkilökunnan koulutus oireiden tunnistamiseen, etukäteissuunnittelu eristys- ja hoitomenetelmiin vanhainkodin puitteissa, yhteisön motivointi henkiseen tukeen, muistisairaiden erityistoimet ja hygieniatoimet ([British Geriatrics Society 2.6.2020](#)). Vanhustenhoidon valmius ehkäistä tartuntojen leviämistä on havaittu globaalisti puutteelliseksi ([Infection Control Today 2.6.2020](#), [Satakunnan kansa 6.4.2020](#), [United Nations 5.2020](#)).

Normaalisti toimintakykyisen riskiryhmän sosiaalinen etäännyttäminen on kasvattanut verkkokaupan ja naapuriavun sekä kolmannen sektorin roolia päivittäistavaroiden saamiseksi. Yksinäisyyden kuormittavuutta on vähennetty erilaisin kotiaskarein ja pitämällä sähköisin välinein yhteyttä lapsiin, lastenlapsiin ja ystäviin ([UNECE 5.2020](#)). Tartuntojen rajoittamiseksi päivähoidon saatavuutta on laajasti rajoitettu pandemian eri vaiheissa vaarantaen ongelmaperheiden lasten hyvinvoinnin ([VOX 8.5.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Pandemian toimintakyvyltään rajoittuneille ihmisille aiheuttamien ongelmien ratkaisuun olennaisiksi teknologioiksi ovat osoittautuneet sähköiset viestimet, vanhusten ja hoitohenkilökunnan suojaimet, laitosten työntekijöiden opetusvideot, elintoimintoja seuraavat ja avustavat laitteet sekä palvelut ([HealthCapitalHelsinki 28.6.2020](#)).

Sairastuneiden tarvitsemiin toimintakykyä ylläpitäviin apuvälineisiin kuuluvat mm. hengityskoneet ja kevyemmät happilaitteet, dialyysilaitteet ja elintoimintoja seuraavat, ongelmista varoittavat laitteet. Taudin aiheuttamat mahdolliset pysyvät sisäelinvauriot vaativat omat apuvälineensä ([Advisory Board 17.4.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportin ennakoima teknologiamurros on robotiikan, tekoälyn, etäisten, keinoelinten ja joukkoistuksen lisääntyminen. Etäläsnäolon ja terveyden seurannan joukkoistuksen voi arvioida saaneen jäljitys- ja valvontapalveluiden kehityksestä selkeän sykäyksen eteenpäin. Muihin ennakoituihin etenijöihin vaikutus on positiivinen, mutta vähäisempi.

2.14. Havainnot ja tietäminen ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Tartuntamäärien kasvu lähialueilla sekä ymmärrys pandemian terveydellisten ja taloudellisten seurausten vakavuudesta on lisännyt tiedon tarvetta suuresti. Esimerkiksi Yhdysvalloissa pandemiauutisointi on alkuvuonna kiinnostanut selkeästi presidentinvaaleihin liittyvää uutisointia enemmän ([Statista 18.6.2020](#)). Pandemia on vahvistanut asiantuntijatiedon ja perinteisten uutismedioiden roolia ([Yle 1.6.2020](#)). Samalla asiantuntijoiden ja vaikuttajien ristiriitaiset näkemykset, perinteisen median pyrkimys moniäänisyyteen yhdistettynä sosiaalisen median kaikupohjaan ovat luoneet tilanteen, jossa oikeaa tietoa on vaikea erottaa väärästä ([Harvard Gazette 8.5.2020](#)). Pandemiaan liittyvän tiedon politisoituminen on kasvattanut ristiriitaisen tiedon määrää ([New York Intelligencer 8.5.2020](#)).

Sosiaalisen median käyttöön on luotu runsaasti aineistoa virallisen tiedon jakamiseksi ([CDC 15.6.2020](#)). Paine sosiaalista mediaa kohtaan valheellisen tiedon karsimiseksi on kasvanut ja sosiaalisen median yhtiöt ovat myös pyrkineet siihen reagoimaan ([BBC 4.6.2020](#)). Sosiaalisen median tarjoama yhteisöllisyys on avannut kanavan sekä paikallisen tilanteen, vertaisavun ja muutoin ulottumattomissa olevien läheisten tavoittamiseen ([Conversation 12.5.2020](#), [Philadelphia Inquirer 29.6.2020](#)).

Joukkoistuksen avulla on saatu kerätyksi ja jaetuksi laajasti reaaliaikaista tietoa. Esimerkiksi Worldometer ylläpitää käyttäjiensä toimittamiin tietolähteisiin perustuvaa erittäin kattavaa ja yksityiskohtaista tilannekuvausta pandemian etenemisestä valtioittain ([Worldometer](#)). Googlen Covid19 Mobility perustuu Android-puhelimien sijaintiin ja Googlen globaaleihin karttatietoihin analysoiden pandemian vaikutuksia ihmisten liikkumiseen ([Covid19Mobility](#)). Kohtaamisia jäljittäviä ja koronavirukselle altistumisesta varoittavia älypuhelinsovelluksia on kehitetty lukuisissa maissa ([Science 21.5.2020](#)). Kansalaisten tiedonhankinta suorilla mittauksilla ja henkilökohtaisten terveystietojen joukkoistaminen ovat myös yleistymässä ([USA Today 27.6.2020](#), [MedicalXpress 13.4.2020](#), [Nature 21.4.2020](#)).

Liikkumisrajoitusten vuoksi suora tiedonsaanti läheisiltä ystäviltä, sukulaisilta ja työtovereilta on siirtynyt viestimiin ([Cornell 17.3.2020](#)). Ympäröivästä maailmasta matkailun ja monilukuisten kontaktien avulla saatu rikas tieto on korvautunut kaventu-neella pandemiaan keskittyneellä tiedonvälityksellä ([BBC 6.6.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Viestintäteknologian rooli pandemian aikaisessa tiedonhankinnassa on ollut hallitseva. Älypuhelimien kyky sijainnin ja lähellä olevien toisten laitteiden tunnistamiseen sekä elintoimintoja mittaavat henkilökohtaiset laitteet ovat osoittautuneet lupaaviksi uusiksi ratkaisuiksi.

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportin kuvaama teknologiamurros ennakoi tekoälyn, joukkoistuksen ja yksilön omien havaintovälineiden merkityksen kasvua. Nämä kaikki ovat saaneet selkeän kasvusykäyksen pandemian aikana. Tieteellisen tiedon ja ajattelun arvostus on kasvanut. Yhteiseen, oikeaan tilannekuvaan ja avoimesti kerrottuihin epävarmuuksiin panostetaan aiempaa enemmän.

2.15. Osaaminen ja sen näytö (taustakuvaus)

Pandemian välittömät vaikutukset: Pandemian vaikutuksia koulutukseen on analysoitu ja ennakoitu hyvin laajasti ([DAAD 29.6.2020](#)). YK arvioi puolentoista miljardin lapsen ja nuoren normaalin opiskelun keskeytyneen pandemian aikana ([UN Academic Impact 4.5.2020](#)). Välitön reaktio paikalliseen epidemiaan on ollut koulujen ja muiden oppilaitosten sulkeminen tai siirtyminen etäopetukseen korkeimman tartuntariskin ajaksi. Koulujen tilapäiselläkin sulkemisella on merkittäviä haitallisia vaikutuksia monien lasten kehitykseen ([ECW 30.6.2020](#)). Etäopetukseen ja itseopiskeluun siirtyminen tai lukukausien lyhentäminen kasvattavat oppimiseroja muutoksesta hyötyvien ja siitä kärsivien oppilaiden välillä ([Brookings 27.5.2020](#), [Yle 16.6.2020](#)).

Nopea siirtyminen etäopetukseen on ollut hyvin laajaa globaalisti. Erityisesti taloudeltaan kehittyneemmissä maissa koululaisten, opiskelijoiden ja opettajien selkeällä enemmistöllä on ollut tähän riittävät tekniset edellytykset ([WEF 29.4.2020](#)). Etäopetukseen ja itseopiskeluun soveltuvia älypuhelimella tai tietokoneella käytettäviä opetuslustoja sekä oppimateriaaleja on ollut laajasti saatavana kymmenillä eri kielillä kaikkiin keskeisiin oppiaineisiin ja oppiasteisiin ([UNESCO 30.6.2020](#)). Kymmenet valtiot ovat käynnistäneet toimenpideohjelmia etäopetuksen tukemiseksi; toimenpiteet ovat mm. Kiinassa sisältäneet 200 miljoonan etäoppilaan käyttöön opetuslustojen kapasiteetin ja tietoliikenneyhteyksien vahvistamista, sisältöjen tarjonnan kasvattamista ja opetuksen järjestäjien koulutusta ([World Bank 30.6.2020](#)).

Nopeasti muuttunut tilanne työpaikoilla on vaatinut uusia digitaalisia taitoja organisaatioiden lukuisilla eri tehtäväalueilla; tarve digitalisaation laajaan ja pitkäaikaiseen kehittämiseen on ilmeinen ([McKinsey 7.5.2020](#)). Nopeasti kasvaneisiin oppimisen ja osaamisen näytön haasteisiin on vastattu mikrotutkintojen avulla; mikrotutkinnot saattavat monissa työtehtävissä haastaa perinteisten tutkintojen roolin työelämään pääsyn avaimena ([TafeQueensland 30.6.2020](#), [TrainingJournal 8.6.2020](#), [Foundation for Economic Education 29.4.2020](#)). Murroksen taloudellinen merkitys esimerkiksi kaupallisissa yliopistoissa on jo nyt suuri ja pohdinta tarvittavista muutoksista on käynnissä ([UNESCO Gem report 21.4.2020](#), [University World News 9.5.2020](#)). Pääsykokeiden ja tenttien järjestäminen pandemiatilanteessa on osoittautunut ongelmalliseksi sekä teknologian puutteiden että lainsäädännön ongelmien vuoksi ([MTV 9.4.2020](#)). Laki kotirauhasta näyttää estävän etätenttien luotettavan valvonnan ([Yle 13.7.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Tietoverkkojen kattavuus ja toimintakyky, digitaaliset opetus- ja oppimislustat, opetus- ja harjoitusohjelmat, älypuhelimet ja kotitietokoneet ovat kaikki olleet keskeisessä roolissa, kun koulutus on sopeutunut liikkumis- ja kokoontumisrajoituksiin.

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: Oppilaitosten ja oppilaiden verkkokäyttökykyjen parantuessa ja vastauksena kasvavaan kilpailuun, oppilaitosten verkottuminen ja erikoistuminen näyttää todennäköiseltä ([University World News 4.4.2020](#)). [Suomen sata... -raportti](#) ennakoi teknologiamurrokseksi käännetyn oppimisen ja itseoppimisen sekä tekoälyn ja näyttöön perustuvan osaamisen arvioinnin kasvua. Murros on monelta osin radikaalisti vauhdittunut pandemian seurauksena. Näiden lisäksi luonnontieteiden ja digitalisaatio-osaamisen arvostus nousee pitkäaikaisesti.

2.16. Elämykset ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Sosiaalinen etäännyttäminen on vaikuttanut olennaisesti miljardien ihmisten ajankäyttöön. Kotien ulkopuolisista vapaa-ajan aktiviteeteista on siirrytty laajasti kotien askareisiin, läheisten ihmisten pariin ja digitaalisen viihteen, kuten tilausvideoiden, verkkopelien ja sosiaalisen median sekä harrastusten ääreen ([Pittsburg Post Gazette 15.3.2020](#), [Modern Diplomacy 29.6.2020](#), [Morning Consult 28.4.2020](#)). Asioinnin, monien palveluiden ja matkojen estyttyä, vapautunut aika on käytetty yleisesti myös kotitaloustyöhön ja opiskeluun ([Accenture 28.5.2020](#)). Mieli-pidetutkimuksen mukaan merkittävä osa kuluttajista uskoo monien nyt opittujen käytäntöjen jäävän pitkäaikaisiksi tai pysyviksi tavoiksi ([MarketWatch 21.5.2020](#)).

Vapaa-aikaa palvelevien alojen työllisyyteen muutos on iskenyt rajusti. USA:ssa majoi-tus-, ravitsemus ja viihdealojen sekä vähittäiskaupan työntekijämäärä laski helmikuun 32,3 miljoonasta huhtikuun lopun 12,5 miljoonaan henkeen ([Drexel University 5.5.2020](#)). Elokuvien ja sarjafilmiä tuotanto on laajasti pysähdyksissä; elokuvateatte-reiden sulkemisesta seuraava kannattavuuskriisi aiheuttaa aikataulujen viivästymisen ohella tuotantojen perumisia ja supistuksia ([World Economic Forum 4.5.2020](#), [Eu-ronews 14.5.2020](#), [Hindustan Times 24.5.2020](#)).

Urheilutapahtumien peruminen, urheiluseurojen toiminnan keskeyttäminen ja koulu-jen sekä liikuntapaikkojen sulkeminen vaikuttavat liikuntakasvatukseen, urheilun seu-raamiseen ja liikunta-alan työpaikkoihin ([United Nations 15.5.2020](#), [World Economic Forum 9.4.2020](#)). Yksi pysyvistä pandemian seurauksista urheilulle saattaa olla ajan-käytön painopisteen siirtyminen videopelien ja e-urheilun suuntaan ([World Economic Forum 15.5.2020](#)). Kulttuuriteollisuuden ja turismin lähes täydellinen pysähtyminen ja odotettu hidas toipuminen aiheuttaa suuria ongelmia erityisesti turismista riippuvai-sille maille ([UNESCO 24.6.2020](#)).

Pandemia itsessään on maailmanlaajuisesti mielinpainuva sukupolvikokemus, jolla on sekä hyviä että huonoja seurauksia useimpiin ihmisiin, vaikka he eivät itse tautia sai-rastaisi. Taloudellinen ahdinko ja koetut pelot rajoittavat elämän piiriä, mutta toisaalta opitut uudet taidot rikastavat valinnan mahdollisuuksia ja pakotettu totutuista tavoista ja asenteista luopuminen antaa henkisen tilan uusille valinnoille. ([Atlantic 1.4.2020](#), [Guardian 3.4.2020](#), [CalTech 27.4.2020](#))

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Tietoliikenteen, tilausvideopalvelui-den, videoneuvottelusovellusten ja verkkopelien käytön kasvu on ollut erittäin voima-kasta epidemian alun jälkeen ([New York Times 7.4.2020](#)). Videoneuvotteluja on käy-tetty laajasti harrastuksiin kuntojumpasta kuorolauluun ja yhteisiin elokuvahetkiin ([VOX 21.3.2020](#)). Museota ja museoesineitä on virtualisoitu ([UNESCO 18.5.2020](#)).

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) ennakoi teknologiamurroksena pelien ja muiden osallistavien digitaalisen sisältöjen kasvua. Pandemian antama sykäs eteenpäin on ollut selvä.

2.17. Turvallisuus ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Ihmiset ovat laajasti kadottaneet turvallisuudentunteensa. Tästä on seurannut henkistä kärsimystä ja pelkotiloja sekä mm. lapsiin ja vanhuksiin kohdistuvaa kotiväkivaltaa ([Elsevier 27.5.2020](#), [WHO 27.3.2020](#)). Turvallisuudentunteen menetystä on kompensoitu monin luottamusta lisäävin toimin samalla, kun riskeistä on jatkuvasti varoitettu. Kriisi on pelkojen ohella lisännyt yhteistyötä ja järkevää toimintaa uhkien minimoimiseksi, mikäli sellaiseen toimintaan on rohkaistu ja se koetaan mahdolliseksi ([Nature 30.4.2020](#), [BBC 2.4.2020](#)). Yritysten ja viranomaisten siirtyminen etäyhteyksien käyttöön kriittisten aineistojen ja päätösten käsittelyssä on kasvattanut tietoturva vaatimuksia ([HelpNetSecurity 3.8.2020](#)).

Tartunnalle altistumisen ohella on turvattomuutta aiheuttanut kuormittuneen terveydenhuollon heikentynyt kyky tarjota hoitoa sekä ihmisten taloudellinen epävarmuus ja huoli elintarvikkeiden saatavuudesta ([World Bank 28.5.2020](#), [University of Michigan 2.5.2020](#), [New York Times 12.3.2020](#)). Yhdysvalloissa henkiset ongelmat ovat pandemian aikana kolminkertaistuneet; toukokuussa jo kolmannes väestöstä osoitti klinisiä ahdistuksen tai masennuksen oireita ([Washington Post 27.5.2020](#), [CDC 1.6.2020](#)).

Tartuntamäärät vankiloissa ovat epidemia-alueilla olleet korkeita ja vankeja on laajasti vapautettu; poliisin tehtävistä kasvussa on kokoontumisrajoitusten valvonnan lisäksi erityisesti kotiväkivallan osuus ([Police1 8.5.2020](#), [PWC 13.5.2020](#)). Interpol on varoitannut kotiväkivallan kasvun lisäksi kasvaneista tietoverkkouhkista, lääkevarkauksista, suojavaruste- ja lääkeväärännöksistä sekä tyhjen toimitilojen varkauksista ([Interpol 6.4.2020](#)). Varuskunnissa ja sotalaivoilla tartuntamäärät ovat olleet merkittäviä, mutta sotilaallisia konflikteja pandemia ei vaikuta lisänneen ([World Economic Forum 7.4.2020](#), [Military.com 5.4.2020](#)).

Turvallisuudentunnetta lisäävinä toimina monet palveluntarjoajat ovat ohjanneet palvelupisteissä ja tapahtumapaikoilla käyvät asiakkaansa kauemmas toisistaan, ryhtyneet käyttämään suojaimia ja tarjonneet desinfiointiainetta ([Finnair 12.5.2020](#)). Turvallisuudentunteen lisäämiseksi monet valtiot ovat tiedottaneet tartuntojen tapahtumapaikoista ja jäljitystoimista, jotta väestö kykenee vähentämään pelkojaan alueilla, joilla tartuntariski on pieni ([World Bank 14.5.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Turvallisuutta on lisätty hygieniasta tiedottamalla, henkilökohtaisilla suojaimeilla, henkilökohtaisilla terveysrannekeilla, tunnistamalla kuumeisia ihmisiä infrapunakameran avulla, korvaamalla fyysisiä kohtaamisia verkkokaupan, etäyhteyksien ja etäisrobottien sekä kaukovalvonnan teknologioiden avulla. Turvallisuudentunteen järkkymistä on lievennetty keskusteluapua tarjoten mm. etäyhteyksien avulla. Huoltovarmuutta on lisätty kasvattamalla varastoja, kotiuttamalla kriittisten varusteiden tuotantoa ja vahvistamalla tietoliikenneverkkoja.

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta...](#) -raportti ennakoi hajautetun, yksilöllisen ja joukkoistetun turvan kasvua. Yksilötasolla varovaisuus koro-rostunee ja vertaistuen rooli kasvaa. Huoltovarmuuteen herääminen lisännee paikallista tuotantokykyä ja yksilötasolla koettu epävarmuus digitaalista kyvykkyyttä erityisesti terveyden seurannassa. Globaalisti sosiaaliturvan merkitys korostuu.

2.18. Yhteistyökyky ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Valtaosa ihmisistä on kokenut pandemian aiheuttamia häiriöitä tavanomaisissa yhteistyökuvioissaan. Toimituskyvyn ongelmat, matkustus- ja kokoontumisrajoitukset sekä nopeasti muuttuneet tarpeet ovat tehneet aiemmista sopimuksista vaikeasti noudatettavia; asianajotoimistot ja valtiot pohtivat sopimusten purkamiseen tai kohtuullistamiseen liittyviä kysymyksiä ([Shearman 7.5.2020](#), [Mondaq 7.5.2020](#), [White&Case 30.3.2020](#), [PillsburyLaw 23.3.2020](#)).

Pandemian ennakkoidaan aiheuttavan vakavan globaalin taantuman, ja konkurssiaallon uskotaan purkavan laajasti hankinta- ja toimitussopimuksia sekä työsopimuksia ja aiheuttavan yritysten fuusioita ([OECD 25.5.2020](#), [Law360 19.3.2020](#), [Wall Street Journal 6.5.2020](#), [Forbes 19.5.2020](#)). Epävarmassa ja muuttuneessa tilanteessa joudutaan tekemään uusia joustavia sopimuksia ([OECD 20.3.2020](#), [PinsentMasons 8.4.2020](#), [World Bank 15.4.2020](#)). Yhteistyökykyä on ylläpidetty mm. taloudellisin avustuksin sekä elvytystä ja lainoitusta lisäämällä ([ECB 3.7.2020](#)). Kriisit lisäävät yleisesti väärinkäytöksiä ja läpinäkyvyyden tarve murrostilanteissa kasvaa ([Transparency.org 18.3.2020](#), [YK 15.5.2020](#)). Luottamusta lisäävät toimet ovat epävarmuuden keskellä avainasemassa organisaatioiden kaikkien sidosryhmien suuntaan ([Deloitte 23.4.2020](#)).

Kasvava osa yhteistyöstä siirtyy digitaalisille alustoille, joissa monet eri sidosryhmät osallistuvat teknisvälitteisesti yhteisen lisäarvon tuottamiseen ([World Economic Forum 4.6.2020](#)). Luottamuksen rakentaminen etäyhteyksien avulla vaatii uusia taitoja ([Insead 4.5.2020](#), [Harvard Business Review 10.6.2020](#)). Etätyön tekeminen, valvominen ja johtaminen edellyttävät erityistä huomiota luottamuksen rakenteisiin, jotta tuottavuus säilyisi hyvänä ([Deloitte 3. 2020](#), [World Economic Forum 9.6.2020](#)). Pandemia on saanut aikaan sekä itsekästä ja opportunistista käyttäytymistä petoksista hamstraukseen, mutta myös paljon epäitsekästä uhrautumista, halua auttaa ja ratkaista ongelmat yhdessä ([Research Leap 5.2020](#), [DW 31.3.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Sosiaalisen median ja verkkokaupan kasvu tarjoaa vertaisarvioinnin keinot luottamuksen ansaintaan niin hankintakanaviin, tuotteisiin kuin yhteistyökumppaneihin liittyen. Videoneuvottelut ja yhteiskehittämistä tukevat pilvipalvelut korvaavat fyysisiä kohtaamisia neuvottelutilanteissa ja yhteiskehittämisessä. Digitaaliset sopimukset ja lohkoketjusuovellukset tarjoavat mahdollisuuden sopimusten varmentamiseen ([IBM 3.7.2020](#), [World Economic Forum 18.5.2020](#)). Verkkojulkaiseminen tuottaa läpinäkyvyyttä tilannetietoihin ja toimintatapoihin. Tartuntojen ehkäisyyn liittyvän teknologiat ovat myös olleet tärkeitä.

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037 -raportti](#) ennakoii teknologiamurroksen kasvattavan vertaisluottamuksen merkitystä yhteistyössä digitaalisten alustojen ja läpinäkyvyyden myötä. Pandemia on edistänyt tätä kehitystä. Yhteistyön digitaaliset muodot lisäävät merkitystään pandemian jälkeenkin. Varautuneisuus yhteistyösuhteissa kasvaa pitkäaikaisesti ja pyrkimys yhteistyösuhteiden korvattavuuteen standardien tai avoimen kehittämisen avulla kasvaa.

2.19. Tarkoituksellisuus ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Pandemian psykologiset vaikutukset ovat moninaisia ja pitkävaikutteisia ([Lancet 14.3.2020](#), [MedRXive 30.6.2020](#)). Monien elämän suurten tarkoitusten edistäminen on estynyt ja arjen asioiden sujuminen on muuttunut tärkeäksi ([MedicalXpress 29.4.2020](#)). Selkeä elämän tarkoituksen kokeminen ja tulevaisuususkon ovat kuitenkin vähentäneet kriisin aiheuttamaa ahdistusta ([Journal of Loss and Trauma 21.5.2020](#), [My American Nurse 29.5.2020](#)). Sosiaalinen eristäminen koetaan vapauden rajoituksena, jota sosiaalinen media lieventää tarjotessaan kanavan merkitykselliseen sosiaaliseen vaikuttamiseen ([Drexel 28.4.2020](#), [UNSDSN 23.3.2020](#)). Epävarmana aikana läheisyys muuttuu tärkeämmäksi, avuliaisuutta ja yhteisöllisyyttä arvostetaan normaalia enemmän ([Conversation 20.3.2020](#)). Perheen merkitys on korostunut ([Environmental Research and Public Health 31.3.2020](#)).

Työttömyys kasvattaa tarkoituksettomuuden tunnetta ([Mayo Clinic 19.5.2020](#), [Arrendo 16.4.2020](#)). Monet uskonnolliset rituaalit ovat siirtyneet tietoverkkoon, ja rituaalien muututtua etäisemmiksi, uskon rooli elämän merkitysten luojana saattaa vähentyä ([Federal 19.5.2020](#), [Religion and Diplomacy 8.4.2020](#), [Time 28.3.2020](#)). Sosiaalinen eristyneisyys aiheuttaa keskimääräistä suurempaa ahdistusta seksuaalisille vähemmistöille ([MedRXive 26.5.2020](#)). Monet muuttamaan identiteetit eivät pandemian aikana kykene toteuttamaan tavoitteitaan; urheilijat ovat tästä hyvä esimerkki ([Conversation 14.3.2020](#), [Psychology Today 17.3.2020](#)). Henkinen pahoinvointi saattaa kasvattaa itsemurhalukua ([Psycom 13.5.2020](#), [American Psychological Association 1.6.2020](#)).

Uutta tarkoituksellisuutta on haettu vapaaehtoistyöstä ([CEBM 23.4.2020](#)). Yksityinen puutarhanhoito ja sisäviljely ovat kasvattaneet suosiotaan ja lisänneet elämän merkitystä muun elämänpiirin rajautuessa ([PMC 21.4.2020](#), [Michigan State University Extension 19.5.2020](#), [Sciencedirect 6.2020](#), [BBC 8.5.2020](#)). Merkitystä elämälle on haettu myös sosiaalisen median yhteyksistä ja osallistavista, merkityksellisistä hankkeista ([Psychology Today 19.3.2020](#), [Inc. 17.4.2020](#), [OECD 4.5.2020](#), [Wilsoncenter 22.6.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Tietoverkkojen rooli on pandemian aikana ollut suuri koettujen elämän merkitysten ylläpitäjänä. Sosiaalisia harrastuksia, kuntoilua, uskontoa, oppimista, taideharrastuksia ja monia työtehtäviä on jatkettu digitaalisin keinoin. Kaupunkiviljelyn uudet apuvälineet ovat auttaneet ja terveystarvikkeet ovat tukeneet ”keho temppelinä” -tyyppisiä elämän tarkoituksia. ([UCLG 15.4.2020](#))

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportti ennakoii teknologiamurroksen kasvattavan ihmisen omien aikaansaannosten, sosiaalisen hyväksynnän, osallisuuden ja yhteisöllisyyden merkitystä suhteessa esimerkiksi työhön ja asemaan. Kehitys näyttää pandemian vaikutuksesta edenneen tähän suuntaan. Voidaan ennakoida julkisen tuen ja yhteisen sukupolvikokemuksen kautta kollektiivisten näkemysten saavan sijaa ja edistävän monia kestävästi kehittyksen teknologioita.

2.20. Valtarakenteet ([taustakuvaus](#))

Pandemian välittömät vaikutukset: Epävarmuus tartuntatavoista sekä ihmisten ja talouden käyttäytymisestä on vaikeuttanut päätöksentekoa; analyttinen, mallinnukseen perustuva päätöksenteko korostuu ratkaisematta ongelmaa oletusten epävarmuudesta ([Deloitte 6.7.2020](#), [University of Manchester 11.5.2020](#), [ScienceDaily 7.5.2020](#)). Julkinen päätöksenteko vaikuttaa moniin eri intresseihin vaati priorisointia ([Reliefweb 8.5.2020](#)). Priorisointitarve ja oletusten epävarmuus sekä valtioiden roolin kasvu päätöksentekijänä ovat luoneet olosuhteet päätöksenteon politisoitumiselle ja jopa viranomaisohjeiden noudattaminen on saanut ideologisia sävyjä ([E-International Relations 28.6.2020](#), [PsyArXiv Preprint 27.5.2020](#), [Springer 18.4.2020](#)). Valtioiden ratkaisut poikkeavat toisistaan olennaisesti useissa eri dimensioissa.

Laajamittainen elvytys kasvattaa valtioiden roolia taloudessa ja tarjoaa mahdollisuuden merkittäviin ohjaustoimiin mm. ilmastonmuutoksen torjumiseksi ([Yle 29.5.2020](#), [Climate Home News 27.5.2020](#)). Valtiollinen päätöksenteko on useissa maissa muuttanut autoritaarisemmaksi ja demokratian alue on kaventunut samalla, kun ylikansallisen vaikuttamisen riski on kasvanut ([Carnegie 6.4.2020](#)). Samalla digitalisaation vauhdittuminen siirtää miljardien ihmisten arkeen vaikuttavaa päätösvaltaa markkinaehtoisesti toimiville monikansallisille palveluyrityksille, joiden päätöksentekoon kansallisten toimijoiden on vaikea vaikuttaa ([New York Times 23.3.2020](#), [Barrons 8.5.2020](#), [Conversation 8.4.2020](#)). Digitalisaatio kärjistää myös eroja pandemiasta selviytymisessä ([UNCTAD 6.4.2020](#)).

Päätöksenteon siirtyminen digitaalisiin kanaviin on vaatinut monien säädösten muuttamista ([Politico 18.3.2020](#), [ICGN 3.2020](#)). Päätöstilanteen digitalisointi vaikuttaa monin tavoin päätösten avoimuuteen, osallisuuteen ja asiapohjaisuuteen ([SDG Knowledge Hub 16.4.2020](#), [Fiscal Transparency 20.5.2020](#), [Orange 19.6.2020](#)). Petosten ja vääräntösten määrä on kasvanut merkittävästi ([FBI 12.5.2020](#), [PWC 6.7.2020](#)). Nopeasti yleistynyt etätö ja prosessien digitalisointi kasvattavat riskejä ([EY 20.3.2020](#)). Terveystien ja talouden väliset jännitteet muihin epävarmuuksiin yhdistettynä muuttavat päätöksenteon luonnetta ja dynamiikkaa monin tavoin ([Science Direct 6.2020](#)).

Välittömien haasteiden teknologiaratkaisut: Teknologisia valmiuksia on tarvittu päätöksenteossa tarvittavan aineiston digitalisointiin, päätöksentekoon osallistuvien autentikointiin ja tietosuojan turvaamiseen. Tietoliikenneyhteydet, videoneuvottelut ja digitaaliset allekirjoitukset ovat olleet keskeisiä teknologioita. Valmistelun joukkoistamiseen tarkoitetuilla sovelluksilla on ollut oma roolinsa. ([ITIF 26.5.2020](#))

Ennakoitu pitkäaikainen teknologiavaikutus: Markkinaehtoisten ja joukkoistettujen digitaalisen teknologian alustojen vaikutus ihmisten arkeen kasvaa jatkuvasti. [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportti ennakoii teknologiamurroksen kasvattavan asiapohjaisen ja paikasta riippumattoman osallistavan päätöksenteon kasvua. Se toteutunee ainakin asiakkuuden ja osallisuuden kautta. Muuna kehityksenä julkisen päätöksenteon keskittyminen ja asiantuntijavaltaisuus saattaa kasvaa pitkäaikaisesti.

3. Koronapandemian torjunnan tärkeimmät teknologiat

Pandemian vaikutusten tarkastelu arvonluontiverkostoittain nostaa esiin monia jo verrattain kypsiä teknologioita, joiden laaja käyttö on estänyt pandemian leviämistä tai lieventänyt sen sosiaalisia ja taloudellisia haittoja. Teknologiat ovat olleet avuksi erityisesti Suomen kaltaisissa kehittyneissä maissa, joissa teknologioiden käyttö läpäisee yhteiskunnat laajasti. Näiden valtavirtaan jo päätyneiden käytäntöjen lisäksi on teknologialähtöisesti kokeiltu ja edistyksellisimmissä ryhmissä jo omaksuttu varhaisia nousuvia ja radikaalejakin innovaatioita, joiden merkitys laajassa käytössä olisi ollut suuri. Tulevaisuutta pohdittaessa nämä erilaiset näkökulmat ovat tärkeitä.

Tässä raportissa keskeisenä tarkoituksena on tunnistaa pandemiatilanteessa hyödyllisiä sosiaalisia innovaatioita, teknologisia menetelmiä sekä lupaavia kokeiluja. Edellisen luvun arvonluontiverkostokohtaisten kuvausten perusteella onkin huomattu laaja joukko pandemian vaikutuksia estäviä tai helpottavia teknologialähtöisiä käytäntöjä. Ne ryhmitellään tässä luvussa 18 helposti kuvattavaksi kokonaisuudeksi avainteknologioidensa perusteella.

Kaikki tässä luvussa kuvatuista teknologioista esiintyvät siis useissa käytöissä jo edellisen luvun arvonluontiverkostokohtaisissa tarkasteluissa. Teknologiakeskeinen esittely avaa edellistä lukua syvemmin kunkin teknologian roolin, käytön edellytykset ja jatkokehityksen, jolla hyödyt pandemiatilanteessa realisoituvat. Näitä yksityiskohtia ennen jäsennetään kuitenkin yleisemmällä tasolla teknologioiden toiminnallista merkitystä. Se on tämän pandemian aikana näyttäytynyt hyvin moninaisena.

Pääpiirteissään samat, tässä työssä tärkeiksi tunnistetut teknologiat on listamaisesti nostettu esiin monissa muissakin lähteissä. World Economic Forum ([WEF 10.4.2020](#)) esittelee tärkeimmiksi teknologioiksi seuraavat kymmenen:

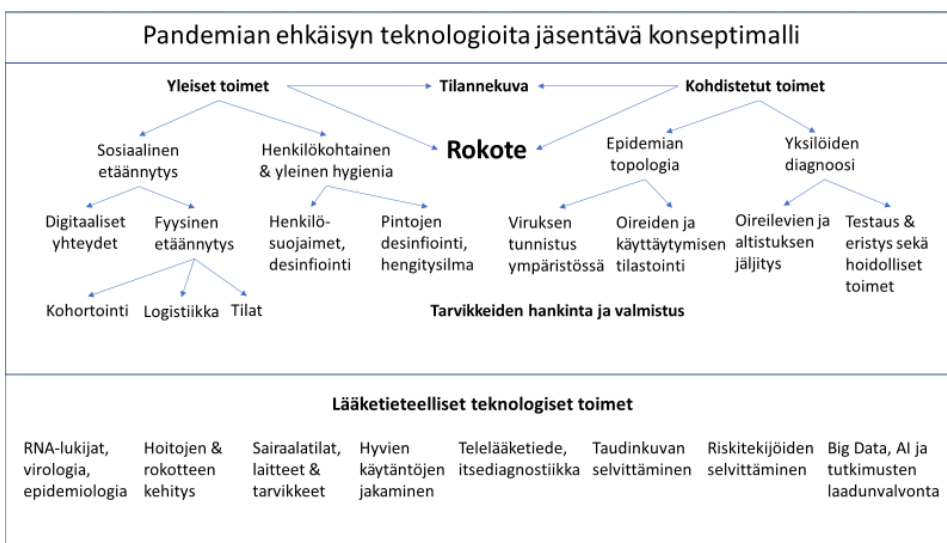
1. Verkkokauppa ja robottijakelu
2. Digitaalinen maksuliikenne ja lähimaksut
3. Etätö
4. Etäoppiminen
5. Telelääketiede
6. Verkkoviihde
7. Joustavat toimitusketjut
8. 3D-tulostus
9. Robotit ja droonit
10. 5G ja ICT-teknologia

EPRS listaa myös kymmenen teknologiaa ([EPRS 4.2020](#)), joista edelliseen uusina:

11. Tekoäly
12. Lohkoketjut
13. Avoin koodi ja – data
14. Geeniteknologia
15. Nanoteknologia
16. Synteettinen biologia.

Tämän raportin tuloksia ja päätelmiä tukee se, että kaikki yllä listatut 16 teknologiaa sisältävät kuvatulla tavalla tähän valittujen 18 teknologia-alueen kuvauksiin, vaikka ryhmittely ja rajaustapa poikkeaaakin yllä olevista. Nyt valitussa rajauksessa pyritään geneeristen teknologioiden toiminnallisiin ja havainnollisiin kokonaisuuksiin. Tarkoituksena on täydentää ja syventää edellisen luvun soveltamiseen keskittyneitä arvonluontiverkostokohtaisia havaintoja erityisesti teknologiakeskeiseen suuntaan. Siksi esimerkiksi puhutaan kokonaisuutena transaktioiden digitalisoinnista, joka on sekä digitaalisen maksuliikenteen että digitaalisten sopimusten ja tietoturvallisen etätyön edellytys sen sijaan, että puhuttaisiin kustakin soveltavasta prosessista erikseen.

Ennen yksittäisiin teknologioihin paneutumista tarkastellaan kokonaiskuvaa.



Kaavio 3: Pandemian ehkäisyn tasoja ja teknologisia rooleja havainnollistava jäsentely

Pandemian vaikutusten ehkäisy on tapahtunut monin eri tavoin. Yleisinä toimina voidaan pitää esimerkiksi sosiaalista etäännyttämistä tavoittelevia viranomaisohjeita ja määräyksiä. Myös väestö- ja organisaatiotason ohjeistus henkilökohtaiseen hygieniaan, toimintaympäristön desinfiointiin ja suojainten käyttöön kuuluu tässä jäsenyyksessä

tarkoitettuihin yleisiin toimiin. Digitalisaation rooli on suuri sekä ohjeistuksessa että rajoitusten haittojen vähentämisessä.

Yksilöiden oireiden havainnointi, viruksen tartuntareittien jäljitys, testaus ja hoito kuuluvat kohdistettuihin toimiin tässä jäsentelyssä. Varsinaiset lääketieteelliset toimet jakautuvat molempiin ryhmiin. Viruksen ja taudin ominaisuuksiin, hoitokäytäntöihin sekä rokote- ja lääkekehitykseen liittyvä toiminta on suurelta osin yleistä ja yksilölliset hoidolliset toimet kohdistettuja. Tilannekuva perustuu sekä yleisten että kohdistettujen toimien seurantaan. Pandemian aiheuttamat häiriöt ja niiden lieventäminen edellyttävät näiden lisäksi muita toimia, joista teknologianäkökulmasta keskeisimmät liittyvät tavara- ja elintarviketuotannon häiriöiden ehkäisyyn.

Teknologia-alueiden kuvaukset ovat tiiviitä yhteenvetoja. Kuhunkin teknologiaan voi paneutua tarkemmin kuvauksiin liitettyjen lukuisten lähdelinkkien avulla. Lähteinä on mahdollisuuksien mukaan käytetty pandemian aikaisia artikkeleita, ja ne sisältävätkin runsaasti sekä esimerkkejä että tilastoja kunkin teknologian käytöstä pandemian aikana. Painotus sovellusesimerkkien, tilastojen ja aihekohtaisen merkityksen selittämisen välillä vaihtelee aiheittain. Esimerkiksi Sars-CoV-2 -viruksen solunsisäisen toiminnan tai testausmenetelmien suhteen pääpaino on toimintaperiaatteiden selittämisessä, jotta aiheisiin liittyvän jatkokehityksen potentiaali olisi helposti ymmärrettävissä.

Tarkasteltavat teknologiat ovat:

- Tietoverkot ja pilvipalvelut
- Kohtaamisten digitalisointi
- Transaktioiden digitalisointi
- Kauko-ohjaus ja etäylläpito
- Konenäkö ja muu hahmontunnistus
- Desinfiointiteknologiat
- Suojainteknologiat
- Etä- ja itsediagnostiikka
- Sars-CoV-2: testausmenetelmät
- SARS-CoV-2: mallintaminen
- Covid 19: rokotekehitys
- Covid-19: hoitomenetelmät
- 3D-tulostus ja joustava tuotanto
- Autonomiset robotit
- Kaupunkiviljely
- Digitalisoitu viihde
- Sosiaalinen media
- Joukkoistus / Big Data

Kunkin aiheen osalta kuvataan ensin suhde pandemiaan, jonka jälkeen esitetään yhteenvetomaisesti teknologian käyttö pandemian aikana samalla jäsentäen teknologian osia ja merkityksiä. Tämä osio sisältää myös esimerkkejä yhteiskunnan alueista, joiden piirissä teknologit ovat osoittautunut tärkeiksi. Tämä teknologiakohtainen yhteiskunnallinen merkitys esitetään esimerkkien jälkeen vielä tiivistetysti omassa kohdassaan. Lisäksi esitetään arvio kunkin teknologian tulevasta kehityksestä. Aihekohtaisesti tiedot perustuvat lähteisiin tai lähteiden esimerkeistä vedettyihin johtopäätöksiin. Ennakointiarviossa nojaututaan [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportin tietoihin ja kirjoittajan omaan tulkintaan lähdeaineiston kokonaisuudesta.

Tämän luvun teknologiakuvausten jälkeen, seuraavan luvun aluksi, esitetään yhteenvetona pisteytetty arvio kunkin teknologian merkityksestä arvontuontiverkostoittain. Jokaisella seuraavaksi kuvatulla teknologialla on lukuisia eri vaikutuksia useissa arvontuontiverkostoissa. Yhteenvetoluvussa paneudutaan myös toimenpidesuosituksiin.

3.1. Tietoverkot ja pilvipalvelut

Suhde pandemiaan: Tietoliikenne monine pilvipalveluineen on liikkumis- ja kohtaamisrajoitusten aikana mahdollistanut kotitalouksien pääsyn yhteisiin tietojärjestelmiin, virtuaalisiin tapaamisiin sekä opiskelu- ja viihdesisältöihin. Internet-liikenteen määrä onkin kasvanut merkittävästi pandemian aikana ([Internet Society 28.5.2020](#)).

Tärkeimmät ratkaisut: Tietoliikennettä on pandemian aikana internetissä eniten lisännyt videoneuvotteluiden aiempaa laajempi käyttö. Suurinta kasvu on ollut työpäivien aikana ja liikennemäärien on kuvattu muuttuneen lomapäivien kaltaiseksi. Koska internet on suunniteltu huippukuormia kestämaan, ovat tietoliikenneyhteydet pääsääntöisesti kestäneet kasvaneen kuormituksen. ([New Stack 14.4.2020](#)) Useat valtiot ovat myöntäneet teleoperaattoreille tilapäisiä laajennuksia taajuuskaistoihin kasvaneen liikenteen käsittelemiseksi ([World Economic Forum 14.4.2020](#)). Internet-yhteys on käytettävissä 55% kotitalouksista globaalisti; vähiten kehittyneissä maissa vain viidenneksellä väestöstä on pääsy internetiin ([World Economic Forum 22.4.2020](#)).

Pilvipalvelut ja selainpohjaiset sovellukset (SAAS) ovat mahdollistaneet helpon etäyhteyden ja joustavuuden muuttuneessa tilanteessa ([ITU News 1.6.2020](#)). Tärkeimmistä pilvipalveluiden tarjoajista Microsoft ilmoittaa 775% kasvusta palvelinkuormassa ([Industry Wired 23.4.2020](#)), mutta myös esimerkiksi Google, Amazon ja Alibaba ovat kasvattaneet kapasiteettiaan merkittävästi ([Canalys 30.4.2020](#)). Erilaisten ansaintamallien vuoksi pilvipalveluiden tarjoajat ovat hyötynet tietoliikenneyhtiöitä enemmän kasvaneesta kysynnästä ([IFC 5.2020](#)). Etätyön radikaali kasvu on lisännyt tietoturvaratkaisujen, erityisesti yritysten virtuaaliverkkojen (VPN) käyttöä ([MWEE 10.5.2020](#), [Masergy 7.4.2020](#), [F-Secure 19.3.2020](#), [One World Identity 8.7.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Pandemia on vauhdittanut terveydenhuollon siirtymistä pilvipalveluihin potilastiedon käsittelyssä ([MedTech Intelligence 7.5.2020](#)). Koulutuksen ja etätyön laaja siirtyminen tietoliikenneyhteyksien varaan on paljastanut puutteita sekä tietoverkkoyhteyksissä että osaamisessa; esimerkiksi USA:n maatalousalueilla 10 miljoonalla kotitaloudella ei ole laajakaistayhteyttä ([TechRepublic 12.5.2020](#)). 1,3 miljardia OECD-maiden kansalaista on tehnyt pandemian aikana etätyötä tai opiskellut etäyhteydellä ([OECD 4.5.2020](#)). Tilausvideopalveluiden ja verkkopelien kysyntä sekä verkkokauppa ovat kasvaneet radikaalisti ([Silicon Canals 11.6.2020](#)).

Ennakoitu jatkokehitys: Merkittävä osa pandemian aikana lisääntyneestä etätyöstä ja etäopiskelusta jää pysyväksi käytännöksi. Tietoliikenteen toimivuutta ja kapasiteettia kasvatetaan jatkuvasti. Kuituyhteyksien rooli kotien tietoliikenteessä vahvistuu ([S&P Global 5.5.2020](#)). Kasvavan digitalisaation vaikutus myös 5G-verkkoihin lienee pidemmällä tähtäimellä positiivinen ([Data Economy 16.6.2020](#)). Ajatus internet-yhteydestä kansalaisoikeutena vahvistuu globaalisti ([World Bank 7.7.2020](#)). Matalan kierto-
radan satelliittien rooli harvaan asuttujen alueiden laajakaistayhteyksien tarjoajana kasvaa ja erityisesti SpaceX:n Starlink-verkko kehittyy nopeasti kuituverkon kilpailijaksi ([Abacus 15.4.2020](#), [Teslarati 7.9.2020](#)). Tietoliikenneverkkojen ja pilvipalveluiden turvaaminen kriisitilanteissa nähdään yhä tärkeämpänä.

3.2. Kohtaamisten digitalisointi

Suhde pandemiaan: Kasvokkain kohtaaminen voidaan usein korvata tietoliikenteen avulla. Perinteisten puhelujen ja tekstuaalisen viestinnän lisäksi monenlaiset videoneuvottelutekniikat ja virtuaaliset kohtaamispalvelut ovat pitkään olleet tarjolla. Kynnys niiden käyttöönottoon on kuitenkin ollut korkea ja vasta pandemiatilanne on pakottanut väestön laajamittaisesti omaksuma uudet teknologiat osaksi arkea.

Tärkeimmät ratkaisut: Videoneuvotteluratkaisuja on runsaasti tarjolla ([Techradar 2.5.2020](#)). Suomessa käytetään laajasti Microsoftin Lynciä ja Teamsia, Googlen Meet – ja Facebookin Whatsup tai Huone-palveluita sekä nopeasti kasvaneen Zoom Video Communicationsin Zoom-palvelua ([Yle 30.4.2020](#)). Tyypillisinä ominaisuuksina osallistujat voivat nähdä ja kuulla toisensa sekä jakaa oman näyttönsä muidenkin katsottavaksi. Tekstien tai muiden dokumenttien samanaikainen työstäminen onnistuu helpoimmin erillisillä yhteiskäyttöä tukevilla pilvipalveluun nojautuvilla ohjelmistoilla, esimerkiksi Microsoftin tai Googlen toimistosovelluksilla. Monenkeskisten videokousten ja webinaarien järjestämiseen tarvitaan palvelin tai palvelu, joka yhdistää kokouksen osallistujilta saamansa videoyhteydet osallistujille lähetettäväksi videokuvaksi ja ääneksi. Kutsumiseen vaaditaan yleensä maksullinen lisenssi. Maksuttomien palveluiden osuutta on pandemian aikana laajennettu ([Microsoft 28.5.2020](#)).

Jaettu virtuaalitodellisuus poikkeaa videoneuvottelusta siten, että osallistujat kokevat olevansa yhteisessä tilassa. Osallistujat näkyvät toisilleen animoituina hahmoina, mutta ympäristö voi näyttää hyvinkin realistiselta ([Glue 2020](#)). Virtuaalitala voi näyttää museolta, viidakolta, tehtaalta tai toimistolta. Tilassa voidaan liikkua, siellä olevia objekteja käsitellä. Osallistujan kuuleman äänen voimakkuus riippuu äänilähteen etäisyydestä. Luonnollisin virtuaalitodellisuuskokemus saadaan käyttämällä virtuaalilaseja.

Keskeiset sovellusalueet: Monet uudet käyttäjäryhmät ovat kohtaamisten estyttyä siirtyneet videoneuvottelusovellusten käyttäjiksi. Koulujen ja muiden oppilaitosten opetus, toimistojen etätyöntekijöiden kokoukset, harrastekerhojen tapaamiset, monet sosiaaliset kohtaamiset ja erilaiset neuvontapalvelut kuuluvat pandemian aikana tyypillisimpiin videoneuvottelusovellusten käyttötilanteisiin ([Zoom 9.7.2020](#)). Jaettuun virtuaalitodellisuuteen ei ole ollut samanlaista ryntäystä. VR-maailmat ovat jo pitkään ollut verkkopelaajien käytössä, mutta teknisen vaativuutensa vuoksi käyttö on edennyt hitaammin muihin sosiaalisen kohtaamisen sovelluksiin. Teknologia tarjoaa kuitenkin merkittäviä etuja erityisesti opetus-, neuvonta- ja palvelutilanteissa tavanomaisempaan videoneuvotteluun verrattuna. Hyvänä esimerkkinä Boeing on hankkinut suomalaisen Varjon VR-laseja astronauttien koulutukseen ([Yle 11.6.2020](#)). Tapahtumateollisuuden digitalisointiin liittyy edelleen monia haasteita ([Tapahtumateollisuus 8.2020](#)).

Ennakoitu jatkokehitys: Pandemia on pakottanut laajat joukot videoneuvotteluihin hävittäen käyttöönoton kynnyksen. Osaaminen ja tekniset valmiudet ovat loikanneet ja ala on nopeassa kasvussa ([CNN 2.6.2020](#)). On oletettavaa, että kysynnän ja kilpailun laajentuminen nopeuttaa sekä teknologiakehitystä että palveluiden monipuolistumista. Jaetun virtuaalitodellisuuden kasvun voidaan uskoa voimistuvan samoista syistä. VR- ja AR-lasien kypsymättömyys hidastaa kuitenkin välitöntä kasvua.

3.3. Transaktioiden digitalisointi

Suhde pandemiaan: Tartuntojen välttely on johtanut transaktioiden lisääntyneeseen digitalisointiin. Tuotteiden tai palveluiden valinta ja toimittaminen verkossa on yleistynyt, kuten myös koskettamatta ja kohtaamatta tapahtuva maksaminen, sopimusten ja työsuoritusten hyväksyntä sekä tavaroiden ja tilojen hallinnan siirto.

Tärkeimmät ratkaisut: Tärkeissä transaktioissa osapuolet tai heidän oikeutensa on tunnistettava. Digitaalisen tunnistamisen ratkaisuja on runsaasti. Laajimmin luotetun, vahvan sähköisen tunnistamisen keskeisimmät toimijat ovat teleoperaattorit, pankit ja viranomaiset ([Traficom 8.7.2020](#)). Varmennetun tunnisteiden puuttuessa tai sen lisäksi käyttöoikeuden toteamiseen on käytetty videokuvaa ja muita biometrisia tunnisteita ([Electronic Identification 15.5.2020](#), [Pymnts 23.4.2020](#), [Silicon Republic 28.4.2020](#)).

Tunnistus- ja pääsynvalvontateknologioiden käyttäjäkunta on laajentunut ([GlobeNewsWire 21.5.2020](#)). Varmenteiden käyttö on jakautunut ajallisesti aiempaa tasaisemmin ([Find Biometrics 14.4.2020](#)). Etätyön lisääntyminen ja yritysverkkojen tietoturva vaatimus on kasvattanut erityisesti monikanavaisen tunnistamisen (MFA) käyttöä, jossa käyttäjätunnuksen ja salasanan lisäksi varmistetaan yhteys esimerkiksi mobiilipuhelimeen lähetetyllä koodiavaimella ([Raconteur 5.5.2020](#)). Digitaalisen tunnisteiden lisäksi tapahtumien varmentamisessa on otettu käyttöön lohkoketjusovelluksia ([ShuftiPro 30.3.2020](#)). Sopimusten digitaaliset allekirjoituspalvelut ovat yleistyneet sekä yritysten että julkishallinnon parissa, mutta yhä useammin niitä käytetään myös yksityisten välisissä sopimuksissa ([Biometricupdate 3.4.2020](#)).

Maksuliikenteessä kosketuksettoman lähimaksamisen ja kuluttajien maksuliikennesovellusten, esimerkiksi NFC -yhteyttä käyttävien Google Payn ja Apple Payn käyttö on kasvanut. Kymmenet valtiot ovat pandemian vuoksi nostaneet tunnuksettoman lähimaksun ylärajoja ([Forbes 12.6.2020](#), [Business Wire 7.5.2020](#)). Taloudeltaan epävarmoissa maissa kiinnostus kryptovaluuttoihin on kasvanut merkittävästi ([CoinTelegraph 30.4.2020](#)).

Kuljetettavan tavaran jättölokerikkojen, vuokratilojen yms. käyttöön yleistyneet numeeriset tunnusluvut tai muut digitaaliset avaimet ovat erityisesti verkkokaupassa auttaneet vähentämään ihmisten keskinäisiä kohtaamisia. ([Cole of Duty 25.6.2020](#))

Keskeiset sovellusalueet: Tärkeimmät transaktioiden digitalisoinnin sovellusalueet liittyvät verkkokauppaan, vähittäiskaupan ja palveluiden lähimaksamiseen, etätyöntekijöiden tietoverkkoyhteyksien varmentamiseen ja viranomaisasiointiin.

Ennakoitu jatkokehitys: Valmiuksien ja osaamisen sekä käyttökokemuksen lisääntyminen nopeuttanee transaktioiden digitalisointia pitkäaikaisesti. Riippuvuus tunnistamista ohjaa monikanavaisen ja biometrisen tunnistuksen sekä viranomaisten valvomien digitaalisten identiteettien yleistymiseen. Tietoverkkorikollisuuden ja kehittyvien tietomurtokäytön vuoksi oletetaan, että tunnisteet suojataan tulevaisuudessa kvanttisalakoodilla tai kvanttilaskennan murtoyritykset kestävin muin menetelmin.

3.4. Kauko-ohjaus ja etäylläpito

Suhde pandemiaan: Suuri osa ihmisistä tekee työnsä koneiden parissa. Yhä useampien koneiden valvonta, säätö ja ohjelmointi on suoritettavissa tietoliikenneyhteyden välityksellä. Tämä mahdollistaa etätöiden merkittävälle osalle teollisten prosessien, tietotekniikan, talotekniikan ja muun automaation asiantuntijoista.

Tärkeimmät ratkaisut: Organisaatioiden tietoverkoissa käyttäjien työasemat asennetaan yleisesti yhteiseen luottamusjärjestelmään, johon voidaan liittyä etäyhteydellä virtuaaliverkkojen (VPN) avulla. Tämä avaa verkon työasemien turvallisen etäkäytön järjestelmänvalvojalle, jolloin tyypilliset työasemien tukitoimet voidaan suorittaa paikasta riippumatta ([Berkeley 9.7.2020](#)). Tietojärjestelmiä virtualisoidaan palveluntarjoajan konesalissa laitteiden resursseja käyttävien organisaatioiden omien tilojen sijaan; fyysistä läheisyyttä vaativan ylläpidon määrä on minimoitu, kun kapasiteettia ja muita ominaisuuksia voidaan hallita etänä. ([Techtarget 9.7.2020](#)) Myös työasemien virtualisointi helpottaa etäylläpitoa ([IIR Reporter 7.4.2020](#)).

Teollinen – ja kiinteistöautomaatio kytketään tavallisimmin valvomoihin erilaisten, tarkoituksensa ja suunnitteluaikeensa sopivimpien kenttäväylien avulla ([Inst Tools 9.7.2020](#)). Pandemia on matkustusrajoitusten vuoksi kasvattanut näiden järjestelmien etävalvonnan merkitystä ([Absolute Market Insights 20.4.2020](#)). Laitteiden etäkäytön lisäksi teollisen automaation rooli työnjohdollisessa valvonnassa on kasvanut pandemian vuoksi ([McKinsey 22.4.2020](#)). Videoneuvonnan rooli teknisessä tuessa on myös kasvanut; asiantuntijat näkevät etänä esimerkiksi kenttähenkilökunnan käsillä olevan ongelman ja voivat neuvoa tarvittavat toimet havainnollisesti ([TechSee 25.6.2020](#), [IFS 15.5.2020](#)). Samoja teknologioita käytetään myös esimerkiksi sairaalalaitteiden kunnossapidossa ja muissa erityisen tartuntavaarallisissa tilanteissa kontaktien minimoimiseksi ([BusinessTampere 31.3.2020](#), [Aethon 9.7.2020](#), [EuRobotics 30.4.2020](#)).

Mobiili robotiikka on osoittautunut hyödylliseksi tartuntojen ehkäisemisessä erityisesti sairaalakäytössä ([Robotnik 2.6.2020](#)). Kauko-ohjatut osin autonomiset robotit ovat vähentäneet tartuntariskiä myös jakelulogistiikassa ([TechRepublic 13.4.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Etävalvonta ja etäylläpito liittyvät olennaisesti etätöissä käytettyjen työasemien ja niiden ohjelmistojen asentamiseen, käyttöoikeuksien ja tietoturvan valvontaan sekä käytön opastukseen. Logistiikassa ja puhtaanapidossa kauko-ohjatuilla laitteilla on myös merkittävä rooli. Teollisessa automaatiossa etäylläpidon, etäopastuksen ja etävalvonnan teknologiat ovat olleet erityisen tärkeitä sekä tartuntoja estävän kohortoinnin tukemisessa että asiantuntijoiden liikkumisrajoituksesta johtuvien pitkien käyttökatkosten estämisessä ([Bilfinger 4.5.2020](#)).

Ennakoitu jatkokehitys: Etätöyvalmiuksia tullaan jatkossa kehittämään haavoittuvuuksien vähentämiseksi. Yhä useampi järjestelmä muuttuu kauko-ohjattavaksi ja etävalvottavaksi. Erityisen suurta kasvua voidaan odottaa robotisoituun logistiikkaan ja puhtaanapitoon. Tästä syntyvä tietoliikenne riippuvuus johtaa tietoliikenteen kattavuuden, toimintavarmuuden ja tietoturvan parantamiseen.

3.5. Konenäkö ja muu hahmontunnistus

Suhde pandemiaan: Hahmontunnistus on auttanut olennaisissa pandemiaan liittyvissä haasteissa. Esimerkiksi kuljetustehtävissä ja puhtaanapidossa robotit tunnistavat ympäristönsä, valvontatehtävissä tunnistetaan prosessien tila ja ihmisten toiminta, tutkimusaineistosta tunnistetaan tartunnan oireita ja mobiililaitteiden liikkumistietojen muutoksista tunnistetaan epidemian mahdollinen leviäminen.

Tärkeimmät ratkaisut: Maskien osittain peittämät kasvot eivät estä kasvojen kameratunnistusta. Tekoäly oppii tunnistamaan ihmisen myös liikkeistä. Tämä mahdollistaa tunnistusteknologian käytön esimerkiksi rajatarkastuksissa ja muussa kulunvalvon- nassa maskeja riisumatta ([HospiMedica 7.4.2020](#)). Maskien käyttöpakon noudatta- mista ja etäisyyksien noudattamista valvotaan myös konenäön avulla ([BBC 4.5.2020](#), [Slate 8.5.2020](#), [TNW 17.2.2020](#), [Yle 30.6.2020](#)). Esimerkiksi Intiassa poliisi tunnistaa ja jäljittää maskipakon rikkojia aktiivisesti konenäön avulla ([Telangana Today 9.7.2020](#)). Konenäköä on käytetty myös yhdessä lämpökameran kanssa tunnistamaan kuumeisia henkilöitä väkijoukosta ([IASP 9.7.2020](#)).

Tartuntavaarallisten tilojen desinfioinnissa on käytetty robotteja, jotka liikkuvat tilassa autonomisesti ja kartoittavat konenäön avulla desinfioitavat kohteet; desinfiointi suo- ritetaan tavallisimmin UV-valolla tai kemiallisesti ([VentureBeat 3.3.2020](#)). Autonomi- set robotit ovat olleet laajassa käytössä myös tavaroiden jakelussa sekä tartuntavaaral- lissa sisätiloissa että epidemia-alueilla ([VoA 15.4.2020](#)).

Tekoäly erottaa keuhkojen TT-kuvissa Covid-19 -oireet bakteeripohjaisen keuhkokuu- meen oireista ([Scientist 10.6.2020](#)). Hahmontunnistusta käytetään myös tunnistamaan lääkinällistä onnistumista, epidemian leviämistä ja leviämistapoja, potentiaalisia lää- keaineita, diagnoosikeinoja sekä taloudellisia vaikutuksia; alkuperäinen tunnistus po- tentiaalisesta vaarallisesta epidemiasta Wuhanin torilla perustui tekoälyn hälytykseen ([OECD 23.4.2020](#), [CNBC 3.3.2020](#)). Tekoälyä onkin monien katsausten ja raporttien mukaan käytetty hyvin laajasti pandemian aikana ([Council of Europe 10.7.2020](#)). Pan- demian aikana syntynyt tutkimus- ja muu aineisto on kasvanut niin laajaksi, että sen seulontaan on ryhdytty käyttämään tekoälyä; yksinomaan Sars-CoV-2 -virukseen liitty- viä tutkimusjulkaisuja on jo kymmeniä tuhansia ([Nature 9.6.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Keskeisimmät pandemiaan liittyvät konenäön ja muun te- koälyn käyttäjät ovat terveydenhuollon logistiikan, epidemiologian, diagnostiikan, lää- kekehityksen ja hygienian asiantuntijoita ja toimijoita. Näiden lisäksi käyttäjiä ovat val- vovat viranomaiset liikkumisrajoitusten ja suojainkäytön osalta. Tekoälyn käyttö tar- tuntojen jäljityksessä sekä oirehtivien seulonnassa ja opastamisessa on myös laajaa. ([World Economic Forum 28.5.2020](#), [BBC 3.3.2020](#), [ComputerWeekly 2.4.2020](#))

Ennakoitu jatkokehitys: Pandemia on selkeästi vauhdittanut konenäön ja muun teko- älyn käyttöönottoa ja jatkokehitystä monilla sovellusalueilla. Henkilöiden tunnistami- seen liittyy valtioittain merkittäviä regulatiivisia eroja, eikä kehitys tällä osa-alueella globaalisti ole yhtä tasaista kuin robotiikassa ja tutkimuksessa ([Thales 27.6.2020](#)).

3.6. Desinfiointitekniikat

Suhde pandemiaan: Tartunnan aiheuttava Sars-CoV-2 -virus voi siirtyä ihmisestä toiseen pintojen ja ilman välityksellä. Kosketuspintojen desinfiointi, henkilökohtainen hygienia ja hengitysilman suodatus tai ilmanvaihto ehkäisevät tartuntoja ([FDA 3.2020](#)).

Tärkeimmät ratkaisut: Sars-CoV-2 -viruksen on todettu säilyvän jopa päivien ajan monilla eri pinnoilla. Tavallisin tehokas desinfiointikeino on pintojen huolellinen klooriittisuihkutus tai pyyhkiminen 0,5% klooriitilla, 70% alkoholilla tai erityisillä antiviraalisilla aineilla ([ECDC 3.2020](#)). Virus ei tuhoudu helposti; desinfiointissa käytetyistä pitoisuuksista ja vaikutusajoista annetaan useissa lähteissä tarkat ohjeet ([EU Healthy Gateways 20.4.2020](#)). Suuritaajuuksinen ultraviolettivalo (UV-C) tekee viruksen toimintakyvyttömäksi riittävässä määrin siihen osuessaan ([MedRxiv 23.6.2020](#)).

Kotitalouksille suositellaan pintojen pesua ja sen jälkeistä desinfiointia klooriitilla sekä tekstiilien konepesua mahdollisimman kuumassa vedessä ([CDC 27.5.2020](#)). Usein suositettu huolellinen käsien pesu vedellä ja saippualla on suositeltavin keino estämään viruksen siirtymistä pinnoista kosketuksen kautta limakalvolle. Pesun vaihtoehtona on käytetty alkoholipohjaisia desinfiointiaineita, joita on asetettu saataville yleisiin asiointipaikkoihin ([UNICEF 23.3.2020](#)). Ruoasta virus tuhoutuu kypsennettäessä, mutta tuoreruoan desinfiointiin on suositeltu ruokaturvallisia kemikaaleja ([NCBI 9.6.2020](#)). Ruoan kautta saatuja tartuntoja pidetään kuitenkin hyvin epätodennäköisinä ([Food Standards Agency 12.6.2020](#)). USA:ssa merkittävä osa ihmisistä on viranomaistiedon mukaan käyttänyt klooriittia terveydelle haitallisina tavoin ([Business Insider 5.6.2020](#)).

Pidetään jo ilmeisenä, että Sars-CoV-2 aiheuttaa tartuntoja ilmassa pitkään leijuvien aerosolien välityksellä ([WHO 9.7.2020](#), [Nature 8.9.2020](#)). Tehokas ilmanvaihto minimoi viruksen määrän hengitysilmassa; HEPA-tasoinen tai viruksen tuhoava sisäilman suodatus vähentää myös tartuntariskiä, jos tuoreen ilman saatavuus on rajattu ([NCBI 24.4.2020](#), [Science Direct 20.7.2020](#)). UV-C -valon on havaittu tuhoavan Sars-CoV-2 -viruksen ilmasta jo ihmiselle turvallisena pidetyillä säteilyn voimakkuuksilla ([Nature 22.6.2020](#)). Desinfiointi tartuntavaarallisissa olosuhteissa, terveydelle haitallisten kemikaalien tai voimakkaan UV-C -valon avulla vaatii työssä huolellista suojautumista. Robottien käyttö desinfiointitehtävissä on lisääntynyt merkittävästi ([European Commission 16.3.2020](#), [PHS 10.7.2020](#), [Medical Expo 25.5.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Koronapandemian näkökulmasta desinfiointitekniikoiden tärkeimmät käyttöalueet liittyvät tartunnan saaneiden ja tartunnalle altistuneiden ympäristöihin, kuten sairaaloihin sekä kauppoihin, liikenteen terminaaleihin ja muihin sisätiloihin, joiden kautta kulkee suuri määrä ihmisiä.

Ennakoitu jatkokehitys: Robottien yleistyminen erityisesti sairaaloiden ja julkisten tilojen siivouksessa vaikuttaa ilmeiseltä. Myös UV-C-valon, HEPA-tason suodattimien ja virusten läsnäolon jätevedestä, kotitalousjätteistä tai pinnoista ja ilmasta tunnistavien teknologioiden ([IEEE Spectrum 18.6.2020](#)) kehitystä voidaan pitää todennäköisenä. Tunnistuksen avulla desinfiointia voidaan suorittaa aina tarvittaessa.

3.7. Suojainteknologiat

Suhde pandemiaan: Virus erittyy ilmaan tai tartuntapintoihin kantajansa suusta ja nenästä sekä jossakin määrin ulosteista. Suojainten tehtävänä on estää virusten kulkeutuminen kantajista terveiden ihmisten hengitysteihin ja silmiin. Altistuksen vähentäminen vaikuttaa lieventävästi taudin vakavuuteen ([Springer Link 31.7.2020](#)).

Tärkeimmät ratkaisut: Taudin kantajien kohtaamisessa suositellaan yleisesti käyttämään kertakäyttöisiä tai desinfioitavia suojavaatteita, suojalaseja tai muita kasvosuojaimia sekä Sars-CoV-2 -viruksen suodattavia N95-, FFP3- tai FFP2-standardin tasoisia hengityssuojaimia. Suojainkehitys voi edetä nopeasti ([Indiegogo 13.7.2020](#)). Ylipainehengityslaitteita ei yleensä pidetä tarpeellisina. Suojainten pukemisessa ohjeiden vastainen toiminta aiheuttaa tartuntariskin. ([ECDC 2.2020](#), [Anaesthesia 4.4.2020](#))

Riskiryhmien kohtaamisessa on esimerkiksi hoivakotien ja kotihoidon henkilökuntaa ohjattu käyttämään ns. kirurginmaskeja. Nämä vähentävät olennaisesti riskiä, että hoitohenkilökunta tartuttaisi terveitä hoidettavia ([ECDC 8.4.2020](#)). On huomattava, että kantajaansa paremmin suojaavat venttiililliset FFP3/FFP2-maskit eivät estä viruksen leviämistä uloshengityksessä, joten ne eivät suojaakaan ulkopuolisia ([European Safety Federation 18.6.2020](#)). Kuluttajakäyttöön on valmistettu ns. pestäviä tai kertakäyttöisiä kansanmaskeja vähentämään tartunnan leviämistä ([VTT 14.5.2020](#)). Maskit on kymmenissä maissa määrätty pakollisiksi muun väestön joukossa liikuttaessa ([World Economic Forum 22.5.2020](#)). Moniin tiskipalveluihin, kassojen ympärille ja palvelutuihin on pystytetty pisaratartuntaa estäviä suojalaseja ([Työterveyslaitos 22.6.2020](#)).

Suosituksia annettaessa on järkevää ottaa huomioon riskin suuruus ja suojaustoimenpiteen merkitys, mutta myös suojainten saatavuus ([Nature 13.8.2020](#)). Pandemian nopea leviäminen on johtanut merkittävään vajeeseen suojainten saatavuudessa, hintojen nousuun, tuotevääreennöksiin ja tuotannon laajentamiseen ([UNICEF 4.5.2020](#), [Transparency.org 29.4.2020](#), [OECD 4.5.2020](#)). Suuri osa terveydenhuollon ja vanhustenhoidon työntekijöistä on epidemian nopeassa kasvuvaiheessa joutunut tekemään työnsä ilman riittäviä suojaimia ([CNBC 3.4.2020](#), [European Data Journalism 23.6.2020](#)). Suojainten saatavuusongelmat ovat kasvattaneet myös riskejä moninkertaisesti lisääntyneen tartuntavaarallisen jätteen ja pyykin käsittelyssä. ([SPREP 4.2020](#)). Robotiikka voi vähentää monia suojaintarpeita ([MDPI 28.5.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Suojainten tärkein käyttö liittyy tartunnan saaneiden hoitoon, vanhusten ja muiden riskiryhmien hoivaan, sekä tartuntavaarallisten materiaalien tai tilojen huoltoon. Suojaimilla nähdään globaalisti suuri merkitys myös väestötasolla tartuntojen ehkäisyssä ([Vox 15.7.2020](#)), joskin valtioiden näkemykset poikkesivat tässä toisistaan erityisesti pandemian alussa ja maskeihin suhtaudutaan edelleen ristiriitaisesti huolimatta yksittäisten maskien todistetusta hyödyistä ([ABC 6.4.2020](#)).

Ennakoitu jatkokehitys: Vaikuttaa ilmeiseltä, että tulevien kriisien varalta monet valtiot kehittävät paikallisia tuotantovalmiuksia kriittisten tarvikkeiden saatavuuden varmistamiseksi. Tietämys suojainten hyödyistä, erilaisten suojainten ja materiaalien ominaisuuksista ja parhaista käyttötavoista lisääntyy jatkuvasti pandemian edetessä. Suojaimet tulevat teknistymään tuhoten viruksia esim. UV-C -valon avulla ([YD 12.7.2020](#)).

3.8. Etä- ja itsediagnostiikka

Suhde pandemiaan: Tartuntariskin ja terveydenhuollon kasvaneen kuormituksen vuoksi etäneuvonnan rooli on kasvanut. Merkittävä osa mahdollisista koronapotilaista on esimerkiksi ohjattu puhelimitse testeihin ja kotihoitoon. Myös suuri osa muista kuin koronaoireisista potilaista on pandemian aikana turvautunut telelääketieteen apuun.

Tärkeimmät ratkaisut: Telelääketiede vähentää suojainten tarvetta ja tartuntariskiä, mutta vaatii omat sovitut käytäntönsä, joihin terveydenhuollon toimijoilla ei ole laajaa tottumusta ([CDC 10.6.2020](#)). Telelääketieteen esteenä on puutteellinen teknologia, korvauskäytännöt, potilastietojen käyttöön liittyvä sääntely, telelääketieteen integrointi muuhun terveydenhuoltoon ja väestötason asenteet ([World Economic Forum 13.5.2020](#)). USA:ssa telelääketieteen käyttö on moninkertaistunut pandemian aikana ja 76% potilaista uskoo käyttävänsä terveydenhuollon etänä tarjoamia palveluita tulevaisuudessa ([McKinsey 29.5.2020](#)). Sairaaloissa valvotaan tehohoidossa olevia potilaita keskitetysti, etäyhteyksiä käyttäen ([New England Journal of Medicine 30.4.2020](#)).

Monet henkilökohtaisen terveyden seurantaan tarkoitetut laitteet keräävät tietoja, joiden perusteella kiireellisen hoidon tai testauksen tarve voidaan todeta. Pulssin, happisaturaation, hengityssäntien, ihon pintaämpötilan, liikkeen ja unen laatu ovat esimerkkejä kuluttajalaitteiden seuraamista asioista, joista päätelmiä voi tehdä. Koska mittaukset ovat samanaikaisia, saadaan tulosten keskinäisestä korrelaatiosta olennaista lisätietoa, jonka käsittely vaatii kuitenkin kehittyneitä tietoteknisiä algoritmeja. ([Frontiers in Digital Health 23.6.2020](#)) Esimerkiksi Ouran sormuksia on hankittu tunnistamaan urheilijoiden oireita, jotta tartunnalle altistumista voisi vähentää ([MobiHealthNews 17.6.2020](#)). Henkilökohtaisia sensoreita on myös käytetty kotihoidossa olevien potilaiden seurantaan, jotta tieto heikentyneestä tilasta ja kiireellisestä hoidon tarpeesta saataisiin mahdollisimman nopeasti; sormusten ja rannekkeiden lisäksi sensoreita on sijoitettu korvaan ja kaulaan ([TecTales 28.4.2020](#), [Northwestern 4.5.2020](#)). Terveydenhuollon henkilökunnan rasitustilan seuraamiseen on käytetty henkilökohtaisia sensoreita ([Hindustan Times 4.6.2020](#)).

Sensoreiden ohella etäkäyttöön on tarjolla testejä, joilla käyttäjä voi itse ottaa näytteen ja toimittaa sen laboratorioon analysoitavaksi ([FDA 21.4.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Etädiagnostiikan käyttö on laajinta oireiden varhaisessa havaitsemisessa, oirehtivien ohjaamisessa testeihin ja koti- ja sairaalahoidon potilaiden kunnon valvonnassa; terveystietoa seuraavia laitteita omistaa jo 21% amerikkalaisista ja niistä pyritään saamaan laajasti tutkimustietoa ([HealthcareITnews 27.5.2020](#), [MedicalXpress 28.5.2020](#)). Urheilutapahtumissa ja esittävän kulttuurin tilaisuuksissa tartuttavuus on suuri, taloudellinen arvo merkittävä ja ratkaisuja toiminnan turvaamiseksi etsitään kuumeisesti ([Forbes 25.6.2020](#)).

Ennakoitu jatkokehitys: Henkilökohtainen terveyden seuranta yleistyy. Kehittyvien laitteiden ennakoidaan integroituvan etäterveydenhuollon palveluihin, joiden kyky poikkeamien yksilölliseen ja väestölliseen analysointiin kehittyy nopeasti. Kasvava osa terveydenhuollosta siirtyy etälääketieteen piiriin. ([Tony Blair Institute 28.5.2020](#))

3.9. Sars-CoV-2: testausmenetelmät

Suhde pandemiaan: Testien avulla pyritään havaitsemaan näytteessä virusta tai kehon viruksen vaikutuksesta synnyttämiä vasta-aineita. Testien tarkoituksena on selvittää tartunnan laajuutta väestössä sekä tartuttavuutta ja hoidon tarvetta. Oireettomienkin altistuneiden testaus on osoittautunut tärkeäksi ([MedPage Today 6.8.2020](#)).

Tärkeimmät ratkaisut: Yleisin käytetty tapa Sars-CoV-2 -viruksen tunnistamiseksi vaatii nenänielunäytteen ottamisen oirehtivalta tai altistuneelta potilaalta sekä näytteen vuorokaudesta kahteen kestävän käänteiskopioinnin (PCR) ja tämän viljelmän analysoinnin ([FimLab 18.6.2020](#), [ECDC 11.6.2020](#)). Näytteenotto ja näytteiden käsittely edellyttävät suojautumista, jotta näytteet eivät kontaminoidu tai tartunta leviä ([WebMD 23.6.2020](#), [Public Health England 7.6.2020](#)). Testitulokset ei ole varma, jos virus ei näytteenottohetkellä ilmene kohdassa, josta näyte on otettu, mutta PCR-menetelmän positiivista tulosta pidetään luotettavana ([ArupLab 21.4.2020](#), [BMJ 12.5.2020](#)).

Virustartunnan edetessään synnyttämät vasta-aineet voidaan havaita verinäytteestä. Testit eivät sovellu varhaiseen diagnoosiin. Toisaalta näytteenoton suhteellisen helpouden ja vasta-aineiden pysyvyyden vuoksi testejä voidaan hyvin käyttää epidemian laajuuden selvittämiseen ([Infection Ecology & Epidemiology 14.4.2020](#), [Cochrane 25.6.2020](#)). Epidemian laajuutta selvitetään myös testaamalla jätevesinäytteitä, joihin virusta erittyvät ulosteiden mukana ([Reuters 26.6.2020](#)), ja huoneilmasta kerätyistä näytteistäkin viruksen läsnäolo voidaan tunnistaa ([IEEE Spectrum 18.6.2020](#)).

Viljelyä vaativien menetelmien hankaluus ja hitaus on johtanut tavoittelemaan erilaisia pikatestejä ([Medium 17.8.2020](#)). FDA on hyväksynyt luotettavana pitämänsä sylkitesitin ([CNN 15.8.2020](#)). Infrapunaspektrometrian avulla pyritään suoraan näytteestä tunnistamaan viruksen läsnäolo ([Yle 8.6.2020](#)). Tekoäly on opetettu erottamaan Covid-19 ja bakteeriperäinen keuhkokuume keuhkojen TT-kuvien perusteella ([GEN 26.5.2020](#)). Monia biosensoripohjaisia pikatestejä kehitetään uskoen niiden johtavan nopeaan ja tarkkaan taudin tunnistukseen ([Colorado 22.7.2020](#)); uusissa sensoreissa pyritään käyttämään mm. geenimuuntelussa yleistynyttä CRISPR-tekniikkaa ([IEEE Spectrum 29.5.2020](#), [European Commission 20.5.2020](#), [BioRxiv 3.7.2020](#)). Halpoja viruksen tunnistavia puhallustestejä on kehitteillä ja kokeilussa useissa eri hankkeissa ([Yle 29.6.2020](#), [Scienceblog 21.5.2020](#), [MedGadget 10.6.2020](#), [Times of Israel 9.7.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Pandemian alussa tautiin ei ollut tehokasta lääkitystä ja hoito oli oireenmukaista, joten virustestien olennaisin merkitys liittyi tartuntaketjujen jäljittämiseen ja tartuntojen ehkäisyyn. Hoitojen kehittyessä oikea diagnoosi on muuttunut tärkeäksi hoidonkin kannalta. Vasta-ainetesteillä ja viruksen sekvensoinnilla on tutkimuksellinen ja lääkekehitykseen liittyvä olennainen merkitys ([NCBI 12.6.2020](#)).

Ennakoitu jatkokehitys: Pikatestien kehitys johtanee monen käytännön asian helpottumiseen epidemia-alueilla. Esimerkiksi kohtaamisia voidaan järjestää turvallisesti testaamalla osallistujat ennen sisäänkäyntiä. Viruksen esiintymistä tultaneen laajasti seuraamaan myös kokoontumistilojen huoneilmasta ja kaupunkien jätevesistä, jolloin tarkempaa testaamista voidaan nopeasti kohdistaa väestöön, joka virusta erittää.

3.10. SARS-CoV-2: mallintaminen

Suhde pandemiaan: Virus tunnistetaan suoraan virusnäytteen perimästä tai taudin oireista. Oireiden tunteminen vaikuttaa diagnoosimenetelmiin ja hoitokäytäntöihin. Viruksen lisääntymisen, leviämisen ja tautimekanismin malli auttaa hoito- ja torjuntamenetelmien kehittämisessä. Käsitys taudin luonteesta on kirjoitushetkellä epätarkka.

Tärkeimmät ratkaisut: Geeniteknologia on avainasemassa virustutkimuksessa. Sars-CoV-2 -viruksesta on Euroopan COVID-19 -tietokannassa kymmeniä tuhansia dekodattuja näytteitä viruksen perimästä ([Covid19dataportal 13.7.2020](#)). Näiden avulla tutkitaan viruksen eri variaatioiden ominaisuuksia ja leviämisreittejä ([ASM 12.3.2020](#)).

Sars-CoV-2 on poikkeuksellinen virus tarttuvuudessaan, haitoissaan ja kyvyssään säilyä toimintakykyisenä isäntäkehon ulkopuolella; kyse on kuorellisesta RNA-viruksesta, joka tuottamansa proteiinin avulla tunkeutuu isäntäsoluihin lisääntymään; reittinä soluun toimii ACE2-reseptori ja TMPRSS välittäjäaine ([CELL 28.5.2020](#)), jotka esiintyvät hengitysteiden pintasolujen lisäksi useissa sisäelimissä, kuten sydämessä ja munuaisissa; hengitysteiden lisäksi myös silmät ovat mahdollinen tartuntatie kehon sisään ([VirusDisease 22.6.2020](#), [Mediuutiset 11.6.2020](#), [News Medical 12.5.2020](#)). Solun sisälle päästyään virus vaikuttaa mitokondrion toimintaan ([Cell Physiology 8.6.2020](#)).

Pienissä kudosviljelmissä on havaittu viruksen vahingoittavan munuais-, maksa- ja keuhkokudoksia sekä leviävän verenkierrossa synnyttäen reikiä verisuonten seinämiin ([Nature 22.6.2020](#)). Tämä johtaa veren hyytymistekijän ylituotantoon, immuunijärjestelmän yliaktivoitumiseen ja yhä voimakkaampaan veren hyytymiseen veritulpiksi sisäelimissä, erityisesti aivoissa, sydämessä ja keuhkoissa ([BMJ 21.5.2020](#), [CEBM 4.6.2020](#), [ERS 4.6.2020](#), [Science 2.6.2020](#), [UT Health 3.9.2020](#)). Sytokiini-myrskyn merkitys on tuoreissa lähteissä kiistetty ja ehdotettu veritaudin syyksi bradykiniini-myrskyä ([ScienceDaily 3.9.2020](#), [MedPageToday 11.9.2020](#)) Mahdollisia vaikutusreittejä neurologisiin oireisiin on useita ([Frontiers in Neuroanatomy 16.6.2020](#), [Lancet 3.8.2020](#)).

Kantasoluviljelyn teknologiat ovat olennaisia tutkimustyössä ([Promocell 13.5.2020](#)). Patologiset tutkimukset ovat myös keskeisiä ([CDC 4.6.2020](#)). Näiden lisäksi käytetään elimistön ja aineenvaihdunnan tietokonemalleja ([Physicians Committee 30.3.2020](#)). ”Big Data”-tyyppisin tilastollisin menetelmin etsitään korrelaatiota todennäköisinä pidettyjen viruksen käyttämien reittien esiintymisessä kudoksissa ja riskiryhmissä; tieto siitä, mihin kudoksiin ja väestöryhmiin pahimmat oireet osuvat, auttaa vahvistamaan oletuksia ja helpottaa rokotekehitystä ([Allergy 4.6.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Viruksen toimintaperiaatteen ymmärrystä ja mallintamista käytetään hoitomenetelmien, diagnosoinnin ja testien, rokotteiden ja lääkkeiden kehittämiseen. Aihealueen tutkimus on pandemian aikana erittäin laajamittaista.

Ennakoitu jatkokehitys: Epidemian laajuuden ja suuren tutkimuspanoksen vuoksi vaikuttaa ilmeiseltä, että viruksen toimintaperiaatte kyetään mallintamaan. Taudin mallinnuksen sivutuotteena paranee käsitys solujen ja kudosten toiminnasta. Sekä digitaaliset että fysikaaliset menetelmät kehittyvät soluaineenvaihdunnan ja kudosten toiminnan tutkimiseen. Valmiudet seuraavien epidemioiden hoitoon paranevat.

3.11. Covid 19: rokotekehitys

Suhde pandemiaan: Rokotteen tarkoitus on auttaa kehoa torjumaan viruksen leviäminen elimistössä. Yleisperiaatteena on ärsyttää tai muokata keho toimimaan samalla tavalla kuin niiden ihmisten keho, jotka ovat joko luonnostaan tai taudin sairastuttuaan vastustuskykyisiä tartunnalle eivätkä siitä sairastu. Turvallisen rokotteen löytyminen ja sen laaja saatavuus lopettaisi pandemian tai minimoisi sen haitat.

Tärkeimmät ratkaisut: Immuniteetti voi perustua siihen, että viruksen tunkeutuminen soluun ACE2-reseptorin kautta estyy. Myös viruksen RNA:n vapautuminen solun vesikkelissä tai monistuminen solussa voidaan estää. Solusta toiseen siirtyvät virukset tai tartunnan saaneet solut voidaan myös tuhota dendriittisolun ja lymfositien vuorovaikutuksessa. Kaikki vaihtoehdot estävät taudin puhkeamisen.

Perinteinen rokote sisältää heikennettyä tai deaktivoitua virusta, joka synnyttää keuhossa vastustuskykyä. Uudempi keino on muokata vaarattomat virukset tuottamaan koronaviruksen proteiineja, joihin vastustuskyky syntyy. DNA- tai RNA -sekvenssejä voi myös siirtää soluihin tuottamaan koronavirukselle tyypillisiä proteiineja tai ruiskuttaa kehoon viruksen kuoren osia. Kaikki mainitut keinot herkistävät lymfosittejä reagoimaan torjuttavaan virukseen ([Nature 28.4.2020](#), [Antibody Society 13.7.2020](#), [Science News 10.7.2020](#), [Duodecim 18.5.2020](#)). Useita näistä menetelmistä on käytetty aiempia SARS-viruksia vastaan tähänneissä rokotehankkeissa ([WHO Blueprint](#)).

USA HHS käynnisti keuhkalla 2020 vauhditetun rokotekehitysohjelman. Ohjelman 125 kandidaattirokotteen lista on kaventunut viiteen; näistä neljä oli kesällä kliinisissä kokeissa, tavoitteena 300 miljoonaa rokoteannosta tammikuussa 2021 ([JAMA 6.7.2020](#)). Globaalisti rokotehankkeita on ainakin 155, joista 23 ihmiskokeissa; useat yhtiöt ovat ilmoittaneet massavalmistuksen käynnistyvän rinnakkain testien edetessä ja kyvystä tuottaa satoja miljoonia, jopa miljardeja rokoteannoksia hyväksynnän saatuaan ([New York Times 13.7.2020](#)). Pääosa kliiniseen vaiheeseen etenevistä rokotteista epäonnistuu joko tuottamaan pitkäkestoista suojaa tai aiheuttaa liian haitallisia sivuvaikutuksia, jonka vuoksi on olennaista, että samanaikaisia hankkeita on nyt suuri joukko; nopeasti edennyt AstraZeneca on tehnyt ehdollisia miljardikauppoja rokotteestaan ([Telegraph 4.7.2020](#), [Reuters 26.6.2020](#)). Geeniteknologian lisäksi kudostekniikoilla on ollut rokotekehitykseen nopeuttava vaikutus ([Infectious Diseases Hub 3.4.2020](#), [DarkDaily 18.3.2020](#)). Geeniteknologian avulla voi myös nopeuttaa rokotteen massavalmistusta olennaisesti ([Scientific American 1.6.2020](#), [Nature 9.4.2020](#)). Massavalmistusta saattaa vaikeuttaa esimerkiksi puute korkealaatuisista lasiampulleista ([Reuters 12.6.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Rokotteen selkeä tehtävä on estää taudin leviäminen. Rokotekehitys on taloudellisesti vaativaa ja riskialtista. Hankkeilla on suuri kansantaloudellinen merkitys ja valtiot pyrkivät varmistamaan rokotteiden saannin.

Ennakoitu jatkokehitys: Osa rokotehankkeista onnistunee tyydyttävästi tai hyvin huolimatta siitä, että vasta-aineet eivät ehkä säily kehossa pitkään ([News Medical 23.6.2020](#)). Kaikkien sivuvaikutusten osalta ja suojan keston osalta kokemusten keräämiseen kuluu useita vuosia. Kyvykyys uusien rokotteiden kehittämiseen on osoittautunut aiempaa merkittävästi paremmaksi ja se odotettavasti paranee jatkuvasti.

3.12. Covid-19: hoitomenetelmät

Suhde pandemiaan: Toistaiseksi Sars-CoV-2 -viruksen aiheuttamaan Covid-19 -tautiin ei ole varsinaista parannuskeinoa. Oireet ovat usein vakavia ja monitahoisia, parhaita hoitokäytäntöjä etsitään aktiivisesti ([Nature 24.7.2020](#)). Taudin pitkäaikaiset vaikutukset voivat olla vakavia jopa aluksi lieväoireisille potilaille ([Gavi 19.6.2020](#)).

Tärkeimmät ratkaisut: Useimmat tartunnan saaneet ovat oireettomia tai oirehtivat lievästi virustartunnoille tyypilliseen tapaan. Heidät ohjataan tavallisimmin kotihoidon eristykseen ([Duodecim 3.7.2020](#), [WHO 17.3.2020](#)). Oireiden vakavuus korreloi D-vitamiinitason kanssa ([Lancet 1.9.2020](#)). Vakavat oireet ilmenevät metabolian useilla tasoilla ja tavallisimmin ikääntyneillä tai muilla erityisiin riskiryhmiin kuuluvilla ([Nature 30.6.2020](#)). Sekä kotihoidossa että laitoshoidossa olevia potilaita on ryhdytty valvomaan teknisin apuvälinein, jotta apu saavuttaisi heidät nopeasti komplikaatioiden sattuessa ([HealthTech 19.6.2020](#), [UC San Diego 19.5.2020](#), [HindustanTimes 9.6.2020](#)). Etävalvonta vapauttaa terveydenhuollon resursseja ja vähentää tartuntariskiä sekä suojainten tarvetta ([STAT 25.3.2020](#), [Euronews 28.5.2020](#)).

Tyypillisin oire potilaan tilan muuttumisesta kriittiseksi on veren happisaturaation aleneminen, mutta lukuisat muutkin oireet edellyttävät hoitotoimenpiteitä ([NHS 11.6.2020](#)). Merkittävin akuutti komplikaatio vaatii potilaan hengityksen avustamista tai tehohoitoa. Tavallisia oireita ovat myös sydämen toimintahäiriöt, munuaisten toimintahäiriöt, aivosairaudet, veritulpat ja massiiviset tulehdukset, joista kuhunkin on oma oireenmukainen hoitonsa; lapsilla jälkitautina on esiintynyt oireyhtymä, joka muistuttaa Kawasakin tautia ([ECDC 11.6.2020](#), [World Economic Forum 1.5.2020](#)). Hoitolliset ohjeet vaihtelevat potilaan yleisestä tilasta ja oireista riippuen, mutta myös maittain ja kehittyvät jatkuvasti hoitotulosten mukaan ([NIH 25.6.2020](#)).

Viruksen leviämistä kehossa pyritään estämään lääkkeiden avulla. Nopeimmin kekeiluun ovat päässeet muiden tautien hoitoon jo hyväksytyt lääkkeet, joista monien teho on jäänyt vähäiseksi ([PNAS 19.5.2020](#), [Camargo 19.5.2020](#), [BioCompare 11.6.2020](#), [ScienceDirect 13.6.2020](#)). Uudentyyppisten bioteknisten lääkkeiden kehitykseen sisältyy paljon lupauksia, esimerkkinä vasta-aineita sisältävät vereen ruiskutettavat seerumit ([Nature 1.5.2020](#), [CNN 26.6.2020](#), [AJP 26.5.2020](#)). Nykyisistä seerumeista Remdesviiri lyhentää hoitoaikoja ([NEJM 22.5.2020](#), [BBC 1.7.2020](#)). Varsinaisten seerumien lisäksi deksametasoni-nimisellä steroidilla ([HS 16.6.2020](#)) ja D3-vitamiinin johdannaisella, kalsidiolilla, hoitotulokset ovat hyvin lupaavia ([ScienceDirect 26.8.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Lieväoireisia ja vakavista oireista toipuvia hoidetaan kotihoidossa sekä hoitolaitoksissa. Epidemia-alueilla sairaaloiden suuren kuormituksen takia on turvauduttu laajasti tilapäisiin sairaaloiksi muutettuihin tiloihin.

Ennakoitu jatkokehitys: Lääkekehitystä nopeuttamaan on käytetty kudosviljelmiä, molekyyli-tason metabolisia malleja ja tekoälyä ([Scientist 7.5.2020](#)). Moninaisen patologisen ja lääkinnällisen tutkimustiedon kertymisen, laajan yhteistyön ja etädiagnosien vuoksi lääkekehitys nopeutunee pysyvästi ([Nature 4.6.2020](#)).

3.13. 3D-tulostus ja joustava tuotanto

Suhde pandemiaan: Pandemian aikana tavarantoimittajien sekä raaka-aineiden tuotanto- ja toimitusketjut ovat häiriintyneet. Tuotteiden kysyntärakenne on lisäksi olennaisesti muuttunut. Joustavat tuotantoteknologiat auttavat sekä yksittäistarpeissa että tuotantosuunnan muuttamisessa ja toimituskyvyyttömän alihankkijan korvaamisessa.

Tärkeimmät ratkaisut: Numeeriset työstökoneet, joustavasti ohjelmoitavat kokoonpanorobotit ja 3D-tulostus ovat kasvattaneet merkitystään pandemian muuttaessa liiketoimintaympäristöä ([Hytera 24.3.2020](#)). Nopea reagointi esimerkiksi terveydenhuollon suojausten ja hygieniatuotteiden sekä hengityskoneiden äkillisesti kasvaneeseen kysyntään on perustunut samantapaisten, mutta täysin muihin tarkoituksiin tarkoitettuja tuotantolinjojen muuttamiseen uusiin tarkoituksiin ([Manufacturing Automation 1.5.2020](#)). Yhdysvalloissa 1.500 uutta valmistajaa on rekisteröitynyt desinfiointien käsihuuhteiden valmistajaksi ([FDA 27.4.2020](#)).

Robotit ja joustavat tuotantolinjat vaativat usein suurehkon työmäärän tuotantosuunnan vaihtamiseksi ja uuden tuotteen on jollakin tasolla fyysisesti vastattava aiempaa, jotta sen käsittely tuotantolinjalla onnistuu. Autotehtaan tuotantolinjaa on kuitenkin käytetty hyväksi esimerkiksi hengityskoneiden tuotannossa ([Forbes 20.4.2020](#)).

3D-tulostimissa tulostussuunnan muutos käy lähes välittömästi, mikäli tuotantoneopeus ja -materiaali sopivat tarkoitukseen. Esimerkiksi puolalainen tulostinvalmistaja 3D Gence suunnitteli ja tuotti 12 tuhatta kasvosuojainta terveydenhuollon toimijoille kahdessa viikossa käyttäen 32 ammattitason 3D-tulostinta ([3DGence 16.7.2020](#)). Tulostinjalat HP tukee lukuisien lääketieteellisten tarvikkeiden tulostusmallien kehitystä ja testausta suojaamista näytteenotto- ja laboratoriovälineisiin sekä hengityskoneiden osiin puhuen miljoonien komponenttien tuotantokyvystä ([HP 5.6.2020](#)).

Lukumääräisesti suurin osa 3D-tulostimista on edullisia, harrastekäyttöön soveltuvia laitteita, joiden tekninen tarkkuus ja tulostinmateriaalit eivät sovi erityisen vaativiin tarkoituksiin tai suuriin sarjoihin. Teolliset laitteet soveltuvat moniin tarkoituksiin ja kehittyvät nopeudeltaan teollisuuden ehdoilla ([AMFG 22.10.2019](#)). 3D-tulostuksen kokonaismarkkina on \$10MRD vuodelta 2019 ja kasvaa nopeasti ([AMFG 14.1.2020](#)). Arvoltaan suurimman osan markkinoiden laitteista muodostavat teolliseen käyttöön tarkoitettut teknisiä muoveja, komposiitteja ja metalleja tulostavat, yli \$100.000 hintaiset koneet, jotka konetyypistä ja materiaalista riippuen kykenevät vaativien komponenttien tai melko suurten sarjojen valmistukseen ([Recycler 17.1.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: 3D-tulostus ja muu joustava lähivalmistuksen tekniikka on ollut erityisen tarpeellinen terveydenhuollon tarvikkeiden ja välineistön sekä suojausten kasvaneen kysynnän tyydyttämiseksi pandemian aikana. Olennaista on myös ollut varaosien tulostus ja teollisuuden alihankinnan korvaaminen omalla tuotannolla.

Ennakoitu jatkokehitys: 3D-tulostinmarkkinan uskotaan kolminkertaistuvan seuraavan viiden vuoden kuluessa ([MarketsandMarkets 10.7.2020](#)). On odotettavissa, että alihankintaketjuja lyhennetään ja monipuolistetaan sekä kriittisten komponenttien tuotantokykyä rakennetaan nykyistä paremmaksi tulevien kriisien varalta.

3.14. Autonomiset robotit

Suhde pandemiaan: Itsenäisesti liikkuvia robotteja on pandemian aikana käytetty tartuntavaarallisissa siivoustehtävissä, asiakaskohtaamisissa vähentävissä kuljetustehtävissä, liikkumisrajoitusten valvomisessa sekä henkilöriippuvuutta vähentävänä ja etätyötä helpottavana automaationa. ([World Economic Forum 6.5.2020](#))

Tärkeimmät ratkaisut: Autonomiset robotit tarvitsevat kyvyn liikkua, hahmottaa ympäristöään ja suhteuttaa toimensa annettuihin tavoitteisiin ([Advanced Robotic Systems 16.4.2019](#)). Sisätiloissa pyörillä liikkuvat ja siivouksesta huolehtivat laitteet ovat yleistyneet pandemian aikana etenkin sairaalakäytössä; robotit navigoivat konenäön avulla ja kykenevät esimerkiksi desinfiointiin UV-C -valolla aiheuttamatta ihmisille vaaraa ([Verge 9.7.2020](#)). Robotteja käytetään sairaaloissa myös kuljetustehtävissä ja eristyksissä olevien potilaiden etävalvonnassa. Tämä vähentää suojavarusteiden tarvetta ja tartuntoja ([World 8.4.2020](#), [World Economic Forum 5.6.2020](#), [DukeHealth 4.6.2020](#), [Livemint 17.7.2020](#)). Robottien käyttö kotikaranteenissa olevien ruokatoimituksissa ja muissa palvelutehtävissä on yleistymässä erityisesti Kiinassa ([Nature 24.6.2020](#)).

Sisätiloissa pyörillä liikkuvista roboteista on tullut rakenteiltaan kypsää ja edullista teknologiaa kotitalouksien robotti-imureiden ja pienten varastorobottien yleistymisen myötä. Ulkotiloissa tai epätasaisella alustalla liikkuvilta robottikuljettimilta vaaditaan enemmän; julkisilla reiteillä autonomiset autot ovat vielä hyvin kokeellisia. Rajatuilla alueilla ja vakioituilla reiteillä robottiautoja jo käytetään monissa pandemian liittyvissä kuljetustehtävissä ([Verge 22.4.2020](#), [Diplo 9.6.2020](#), [Autofutures 17.7.2020](#)).

Lentäviä drooneja on muutaman vuoden ajan käytetty kuljetus- ja valvontatehtävissä ilmailusäännösten vähitellen sallittua niiden käytön monien valtioiden alueella. Pandemian aikaiset liikkumisrajoitukset ovat lisänneet droonien käyttöä sekä eristyksissä olevien ihmisten tavarankuljetuksessa että lääkinällisten tarvikkeiden kuljetuksessa ([Here360 7.5.2020](#), [US Embassy 12.5.2020](#), [OECD ITF 19.6.2020](#)). Myös maatalouden tehtävissä droonit ovat pandemian aikana yleistyneet nopeasti. Tähän syynä saattaa olla työvoiman saannin hankaloituminen ([Fortune 13.7.2020](#)). Valvontatehtävissä drooneja on käytetty mm. ohjaamaan ihmisiä liikkumisrajoitusten noudattamiseen ja desinfiointiaineen ruiskutuksiin ja jopa ihmisten ruumiinlämmön mittauksiin huoneistojen ikkunoiden takaa ([GPSWorld 6.5.2020](#), [Counterpointresearch 22.4.2020](#), [Cincinnati Public Radio 25.5.2020](#), [Conversation 26.5.2020](#), [Geospatialworld 20.4.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Pandemia on laajentanut robottien käyttöä monissa terveydenhuollon kuljetus-, siivous- ja valvontatehtävissä. Droonien käyttöön liittyvää regulointia on väljennetty pandemian aiheuttamien ongelmien helpottamiseksi ([UnmannedAirspace 21.4.2020](#)).

Ennakoitu jatkokehitys: Suuri joukko myönteisiä kokemuksia autonomisten ja kauko-ohjattujen robottien käytöstä vauhdittaa sekä kehitystä että hyväksyntää ja käyttöönottoa ([Analytics Insight 3.5.2020](#), [LinkedInPulse 7.6.2020](#), [WEF 6.7.2020](#)).

3.15. Kaupunkiviljely

Suhde pandemiaan: Liikkumisrajoitukset, logistiikkaongelmat ja tuotantokatkokset ovat vaikuttaneet elintarvikkeiden saatavuuteen tavalla, johon kaupunkiviljely on tuonut ainakin osittaisen ratkaisun. Esimerkiksi Singapore on ryhtynyt tukemaan kaupunkiviljelyä systemaattisesti ruokaturvan parantamiseksi ([Acclimatise 1.5.2020](#)). Kotipiirissään pitäytyvien ihmisten lisääntynyt vapaa-aika, tulojen loppuminen tai tarve tarkoituksellisuuden kokemiseen ovat myös lisänneet kaupunkiviljelyä.

Tärkeimmät ratkaisut: Sisäviljelyssä käytetään yleisesti ravinteetonta kasvualustaa, keinovaloa ja vesipumppua, joka kierrättää kasvien juurakossa ravinteilla lannoitettua vettä. Soveltuvia kasveja kotona kasvatettaviksi ovat esimerkiksi erilaiset yrtit, salaattit, tomaatit ja paprikakasvit. ([Supergarden 18.7.2020](#), [Tulevaisuuspankki](#)) Kasvien tarvitsemalle valolle optimoidut LED-valaisimet ovat olennaisesti vähentäneet keinovalon sähköntarvetta ([Maaseudun Tulevaisuus 4.4.2017](#)).

Teollisen sisäviljelyn määrää ei ole olennaisesti pandemian aikana ehditty lisätä. Työvoiman saatavuuden ja logistiikan häiriöt ovat vaikuttaneet siihen perinteistä maataloutta vähemmän. Kyse on enimmäkseen lähituotannosta, jonka kysyntä on kasvanut. ([Karmaimpact 1.5.2020](#), [Bloomberg 23.6.2020](#), [iFarm 20.4.2020](#))

Kaupunkiviljely tarkoittaa sisäviljelyn lisäksi pihojen, parvekkeiden ja kattojen käyttöä ravintokasvien viljelyyn luonnonvalossa. Yksi neliometri takapihalla tai katolla voi suotuisissa oloissa tuottaa lähes sata kiloa tomaattia tai sata sipulia ruokapulaa helpottamaan ([IGC 21.5.2020](#)). Maaperässä esiintyvät kemialliset jätteet muodostavat haasteen kaupunkiviljelylle. Myrkkujen pääsy elintarvikkeisiin tulee estää esimerkiksi maaperän vaihdolla tai ongelmallisen kerroksen erottamisella viljelykerroksesta ([Food Security 23.6.2020](#)). Kaupunkiviljelmät ovat siirtyneet torikaupasta kotijakeluun tai suoramyyntiin, ja lähituotanto on lisääntynyt monin tavoin ([FAO 4.5.2020](#), [RUAF 11.6.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Pandemian katsotaan suoraan uhkaavan 130 miljoonan ihmisen ruokaturvaa ([Global Report on Food Crisis, 20.4.2020](#)). Monilla alueilla maaseudun ja kaupunkien eristäminen sekä pandemian aiheuttamasta työttömyydestä seuraava köyhyys ovat johtaneet perheiden tasolla ruokapulaan ja omavaraisen kaupunkiviljelyn lisääntymiseen ([Biodiversityinternational 28.5.2020](#)). Ruokaturvan ja taloudellisen ahdingon helpottamisen lisäksi kotitalouksien harrastama kaupunkiviljely on lisännyt elämän merkityksellisyyden kokemuksia ([Jakarta Post 12.4.2020](#)).

Ennakoitu jatkokehitys: Sisäviljelyn ja kaupunkiviljelyn edut etenkin huoltovarmuuden ja tuoreiden ravintokasvien saatavuuden turvaajana ovat selvät, menetelmät ja lajikkeet paranevat ja tulevaisuudessa yhä suurempi osa ravinnosta tuotetaan kaupungeissa. Bioteknisen proteiinin ja synteettisen lihan tuotannon voidaan myös olettaa tulevaisuudessa kasvavan merkittäväksi. ([Heliospectra 18.7.2020](#), [Israel21c 18.7.2020](#))

3.16. Digitalisoitu viihde

Suhde pandemiaan: Sosiaalinen eristäytyminen on karsinut ihmisten vapaa-ajan vaihtoehtoja. Kotiaskareiden lisäksi aika on kulunut kuvaruutujen ääressä. Vapaaksi jäänyttä aikaa on käytetty erityisesti tietokonepelien ja tilausvideoiden parissa.

Tärkeimmät ratkaisut: Tilausvideopalvelut ovat kasvattaneet suosiotaan tasaisesti ennen pandemiaa. Pandemian alettua on uusien käyttäjien kirjautumistahti nopeutunut ([MarketWatch 16.7.2020](#)). Keskeiset tilausvideopalvelut, esimerkiksi Netflix, HBO, Disney, Amazon Prime, Hulu, Youtube, ilmoittavat uusien katsojien lisäksi myös katselemäärien kasvaneen useilla kymmenillä prosenteilla, erityisesti päiväaikoina; nopeasti kasvanutta kuormitusta on tasattu kuvanlaatua heikentämällä ([Techweets 4.4.2020](#)). Koska palveluntarjoajat pääsääntöisesti laskuttavat kiinteän kuukausihinnan asiakkailtaan, ainoastaan tilaajamäärän lisäys kasvattaa liikevaihtoa; nopeampi katsomistahti vain kasvattaa kustannuksia ([MarketWatch 28.5.2020](#)). Yhteiskatsomiseen tarjotaan palveluita, niissä ystävät tai perheenjäsenet voivat katsella ohjelmaa samanaikaisesti ja jutella lähes, kuin olisivat yhteisen television äärellä ([Verge 1.7.2020](#), [MIT Technology Review 24.3.2020](#), [Techcrunch 28.5.2020](#), [Techcrunch 30.6.2020](#)).

Ajankäyttö tietokonepeleihin on kasvanut; videopelejä on sekä pelattu että katseltu pandemian aikana merkittävästi aiempaa enemmän ([Livemint 3.5.2020](#), [Statista 18.6.2020](#), [Nielsen 3.6.2020](#)). Tietokonepelien ja muun ruutuajan vaikutus lasten kehitykseen eristykseen aikana on pääsääntöisesti positiivinen ([Unicef 7.4.2020](#)). Verkko pelaaminen on laajasti sosiaalista toimintaa, joka korvaa eristystilanteessa muita sosiaalisia kontakteja ([Time 22.4.2020](#), [Straitstimes 31.3.2020](#), [Conversation 1.4.2020](#), [CNN 14.2.2020](#)). Enemmistö pelinkehittäjistä on amerikkalaisia. Valtaosa liikevaihdosta tulee mainosrahoitteisista peleistä ([Fortunly 4.3.2020](#)).

Digitaalisten tallenteiden lisäksi viihdesisältöjä on välitetty pandemian aikana myös suorina ja vuorovaikutteisina tapahtumina verkossa ([Billboard 15.7.2020](#), [Udiscover-music 23.6.2020](#)). Aikuisviihteen käyttö on myös lisääntynyt ([Economist 10.5.2020](#)).

Päätelaitteina tilausvideoissa käytetään kaikkea nettitelevisioista älypuhelimiin. Vaativammissa videopeleissä erityisillä pelikoneilla on merkittävä rooli, kuten pelikäyttöön soveltuvilla henkilökohtaisilla tietokoneilla ([Netflix 19.7.2020](#), [Fortune Business Insights 3.2020](#)). Digitaaliset kirjat lukulaitteineen ovat jonkin verran kasvattaneet osuuttaan ([New Publishing Standard 11.4.2020](#), [Booknet Canada 15.4.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Ajanviete on eristäytymisen vuoksi suuntautunut erityisesti koteihin digitaalisia vuorovaikutusmahdollisuuksia lisäävän tarjonnan suuntaan.

Ennakoitu jatkokehitys: Yleisesti arvioidaan sosiaalisen viihteen digitalisoitumisen jäävän trendiksi ja esimerkiksi urheilusta siirrytään pysyvästi e-urheilun seuraamiseen tai elokuvateattereista kotiteattereihin ja tilausvideoihin. Verkkopelien ja erityisesti vuorovaikutteisten virtuaalimaailmaseikkailujen laaja kasvu näyttää mahdolliselta. ([Star 27.4.2020](#), [CronkiteNews 3.4.2020](#), [National Geographic 20.4.2020](#))

3.17. Sosiaalinen media

Suhde pandemiaan: Liikkumis- ja kokoontumisrajoitusten vuoksi ihmisten tavanomainen sosiaalinen kanssakäyminen on vähentynyt, vaikka tiedon ja keskustelun tarve on kasvanut. Sosiaalisen median käyttö on siksi lisääntynyt ja käyttötapa muuttunut uutishakuisemmaksi ([eMarketer 12.5.2020](#), [eConsultancy 21.5.2020](#)). Sosiaalisen median käyttö markkinointikanavana on vastaavasti muuttunut ([AdRoll 7.4.2020](#)).

Tärkeimmät ratkaisut: Sosiaalisen median säännöllisiä käyttäjiä on yli 3 miljardia. Esimerkiksi amerikkalaisista yli 2/3 pitää sosiaalista mediaa pandemian aikana sekä tärkeänä tietolähteenään että tärkeänä yhteydenpitovälineenä muihin ihmisiin ([Gallup 21.5.2020](#)). Lukuisat terveydenhuollon toimijat ovat päivittäneet sähköisiä sivustojaan ja tarjonneet pandemiaan liittyviä aineistoja ja ohjeita sosiaalisessa mediassa jaettavaksi. ([Scientific American 7.4.2020](#), [FDA 10.6.2020](#)). Sosiaalisen median rooli kriisitiedon vertaisviestinnässä, paikallisen toiminnan organisoinnissa ja hallitusten kapean tai propagandistisen tiedonvälityksen ohittajana on ollut pandemian aikana suuri ([LSE 5.6.2020](#)). Tärkeän keskustelukannan lisäksi sosiaalinen media on tarjonnut reitin huijareiden petosyrityksille ja propagandan levittämiseen ([Time 16.3.2020](#)).

EU on varoittanut WHO:n tavoin sosiaalisen median piirissä leviävistä vääristä pandemiaan liittyvistä tiedoista ja väitteistä ([Euronews 10.6.2020](#)). Neljännes katsotuimmista koronavirukseen liittyvistä YouTube-videoista sisälsi selkeästi virheellistä tietoa ([BMJ 14.5.2020](#)). Sosiaalisen median toimijat, kuten Google, Facebook ja Twitter ovat WHO:n avulla ryhtyneet aktiivisesti poistamaan virheellistä tietoa ja tarjoamaan käyttäjien uutisvirtaan ja kyselyihin alueellisten viranomaisten ja WHO:n pandemiaohjeita ([APC 21.4.2020](#)). Monet muutkin globaalit toimijat, kuten UNESCO, pyrkivät myös aktiivisesti torjumaan väärin tietojen leviämistä ([UNESCO 23.4.2020](#)).

Kiinalaistutkimuksen mukaan pandemian aikainen sosiaalisen median runsas käyttö korreloi henkisten ongelmien kanssa ([PLOS One 16.4.2020](#)). Tätä selitetään sillä, että erityisen huolestuneet ihmiset ovat lisänneet sosiaalisen median käyttöä muita enemmän ([Wearesocial 28.4.2020](#)). Toisaalta sosiaalisen median avulla on onnistuttu aktivoimaan esimerkiksi avohoidon potilaita ([MedRxiv 28.6.2020](#)) ja synnyttämään vertaistukiryhmiä niin taudista hitaasti toipuville, kotihoidossa sairastaville kuin terveydenhuollon henkilökunnalle ([Springer 6.5.2020](#), [Facebook 20.7.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Sosiaalista mediaa on käytetty pandemian aikana tiedotuskanavana, vertaistiedon jakamiseen, toiminnan organisoimiseen ja sosiaaliseen yhteydenpitoon. Kaikissa näissä sosiaalisen median rooli on ollut merkittävä.

Ennakoitu jatkokehitys: Sosiaalisen median rooli tulee edelleen kasvamaan, mutta samalla se integroituu tiiviimmin joukkoviestinnän ja muun sähköisen viestinnän kanssa. Yhä suurempi osa mediasisällöstä ja tiedotteista kohdataan sosiaalisen median kautta ja sama integroituminen kohtaa puheluita ja sähköposteja kiihtyvään tahtiin.

3.18. Joukkoistus / Big Data

Suhde pandemiaan: Ihmisten olosuhteista ja käyttäytymisestä saadaan yksityiskoh- taista tietoa palveluiden käyttötilastojen lisäksi eri päätelaitteiden ja mittalaitteiden avulla ([Covid Observatory 21.7.2020](#)). Tilastollisten menetelmien ja tekoälyn avulla voidaan näistä tietomassoista päätellä pandemiaan liittyviä alueellisia ja yksilöön liit- tyviä riskejä, viruksen leviämiseen, lääkintään tai torjuntaan, taloudellisiin ja muihin vaikutuksiin liittyviä yhteyksiä ([SmartDataCollective 22.4.2020](#), [NCBI 28.4.2020](#)).

Tärkeimmät ratkaisut: Yhteismitallisen virallisen tiedon saanti globaalisti on ollut pandemian aikana vaikeaa; Big Datan avulla voidaan saavuttaa virallisia lähteitä pa- rempi yhteismitallisuus tilannekuvaan ([UN ESCAP 1.6.2020](#)). Avointa tietoa on saata- villa laajasti, esimerkiksi sopivat Googlen kyselytilastot ([Google 20.7.2020](#)) tai sijainti- tilastot ([Google 19.7.2020](#)) ja julkiset twitter-viestit. Suuri osa tiedosta on kuitenkin ai- noastaan sitä keräävien organisaatioiden omassa käytössä, kuten teleoperaattoreilla, verkkokaupalla, pankeilla tai viranomaisilla ([PrivacyInternational 8.4.2020](#)).

Kiinassa miljoonat valvontakamerat, liikennetiedot ja liikenneterminaalien lämpöka- merat valjastettiin kontaktien ja sairastuneiden jäljitykseen; länsimaissa valvontaa ra- jaa yksityisyyden suoja ([Travel Medicine 21.5.2020](#), [Linkedin Pulse 19.4.2020](#)). Miljar- dien puhelinten avulla on analysoitu ihmisten käyttäytymistä. Tiedoista tehdyt mallit ennustavat epidemian leviämistä tulevaisuudessa ja väestötason sääntelyn vaikutuksia siihen, mutta auttavat myös ohjaamaan avun sinne, missä sitä eniten tarvitaan ([World Resources Institute 28.5.2020](#), [Health IT Analytics 7.7.2020](#), [AfricaReport 22.6.2020](#)).

Yksilölliseen älypuhelinten tai terveysrannekkeiden tietoja yhdistelevään kontaktien jäljitykseen sisältyy merkittäviä lupauksia, jotta tartunnalle altistumista voitaisiin vä- hentää ja altistuneet ohjata eristyksiin ([VentureBeat 25.3.2020](#), [Womble Bond Dickin- son 2.7.2020](#)); tähän liittyy kuitenkin monia huolettavia yksityisyyden suojan ongelmia ([Outlook India 23.5.2020](#)). Useita ratkaisuja, mm. lohkoketjujen käyttöä, on esitetty, jotta hyödyt voitaisiin saavuttaa yksityisyyttä loukkaamatta ([International Humanita- rian Action 18.5.2020](#)). Suomalainen Koronavilkku-sovellus ei kerää Big Dataa vaan käsittelee sen päätelaitteessa ([Kyberturvallisuuskeskus 31.8.2020](#)).

Big Data -sovelluksia käytetään valtioiden apuna globaalia ruokaturvaa seurattaessa ([FAO 19.7.2020](#)). Joukkoistuksen avulla ihmiset voidaan myös pelillisyyden keinoin saada osallistettua massiiviseksi vapaaehtoiseksi osaksi tutkijaryhmää ([Conversation 2.4.2020](#)). Koronaviruksesta kirjoitetut kymmenet tuhannet tutkimusjulkaisut muo- dostavat jo itsessään Big Data -tyyppisen laajan tietokannan, jonka käsittely perinteisin keinoin ilman tekoälyn apua on hankalaa ([Stanford University HAI 5.4.2020](#)).

Keskeiset sovellusalueet: Joukkoistettua tai muutoin kerättyä massiivista tietoa- neis- toa on pandemian aikana käytetty tilastollisin ja tekoälyn keinoin lääketieteelliseen tutkimukseen, poliittiseen ja taloudelliseen päätöksentekoon sekä ennakkointiin.

Ennakoitu jatkokehitys: Joukkoistuksen, transaktioiden ja sensoreiden avulla kerätyn Big Datan merkityksen voidaan ennakoida kasvavan samalla, kun poikkeavat alueittaiset näkemykset yksityisyyden suojasta aiheuttavat kasvavaa jännitettä.

4. Johtopäätökset ja teknologiasuosituks

4.1. Yhteenveto

Vasemmalta oikealle: Arvonluontiverkostot	Henkilöliikenne	Tavaraliikenne	Tavaroiden valmistus	Ravinto	Energia	Materiaalit	Rakennettu ympäristö	Vaihdanta	Etävaikuttaminen	Työn korvaus koneilla	Työ ja ansainta	Terveys	Toimintakyvyn avusteet	Havainnot ja tietäminen	Osaaminen ja sen näytöt	Elämykset	Turvallisuus	Yhteistyökyky	Tarjottavuus	Valtarakenteet	Keskisarvo
Ylhäältä alas: Keskeiset pandemiateknologiat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Tietoverkot ja pilvipalvelut	1	10	3	3	3		3	10	10	3	10	3	3	10	10	10	3	3	3	10	5,6
Kohtaamisten digitalisointi		3	3	3			3	10	10	3	10	3	3	3	10	3	3	3	3	10	4,3
Transaktioiden digitalisointi	1	3	3	3				10	3	3	10	3	1	3	1	1	3	10		10	3,4
Kauko-ohjaus ja etäylläpito	1	3	3	1	3	3	3	1	3	3	10	3	1	1	3		3	1			2,3
Konenäkö ja muu hahmontunnistus	1	3	1	1			1	1	3	3	1	10	1	3			3	1		3	1,8
Desinfiointitekniikat	3			3		3	3			3	3	10	3		3	3	10	3	3		2,7
Suojaintekniikat	10		1	3			3	3			3	10	10		1	1	3	3	3	3	2,9
Etä- ja itsediagnostiikka	3						1		1	3		3	3	3		1	3	1	3		1,3
Sars-CoV-2: testausmenetelmät	1		1	3			1	1			3	10	3	3			3	1			1,5
Sars-CoV-2: mallintaminen						1	1					10	3	3							0,9
Covid-19: rokotekehitys	10	3	3	3	3		10	3			3	10	10		3	10	3	10	3	3	4,5
Covid-19: hoitomenetelmät			1				1	1		1	1	3	3		1	1	1	1	1		0,8
3D-tulostus ja joustava tuotanto			10	1		3		1		3	1	3					1	1			1,2
Autonomiset robotit	1	3	3	3		3	3	1	1	3		3	1				3			1	1,5
Kaupunkiviljely				3			1	3			3	1				1	3	1	1		0,9
Digitalisointi viihde							3	1	1	3	1	1	1			10		1	3		1,3
Sosiaalinen media								1	3	1	1	1	1	3	1	3	1	3	3	3	1,3
Joukkoistus/Big Data	3		1	1			1	3	3	1	1	10	1	3	1	1	3	3	1	3	2,0
keskiarvo	1,9	1,6	1,8	1,7	0,5	0,7	2,1	2,8	2,1	1,8	3,4	5,4	2,7	1,9	1,9	2,5	2,7	2,6	1,5	2,6	

Taulukko 1. Pandemiateknologioiden arvioitu vaikuttavuus arvonluontiverkostoittain. Pisteytys perustuu kunkin teknologian merkitykseen pandemian arvonluonnille aiheuttamien ongelmien ratkaisussa: 1 = selkeä rajattu merkitys; 3 osittainen ratkaiseva tai laaja merkitys; 10 ratkaisevan laaja toteutunut tai potentiaalinen merkitys.

Pandemian vaikutukset läpäisevät koko yhteiskunnan ja kaikki sen rakenteet globaalisti. Osa vaikutuksista on lyhytaikaisia, osa muuttaa maailmaa pitkäaikaisesti tai nopeuttaa jo meneillään olevaa muutosta. Tämä raportti on nostanut esiin niin haasteet kuin muutokset, mutta erityisesti ne merkitykselliseksi osoittautuneet teknologiat, joiden suuntaan yhteiskunnat ovat kääntyneet ongelmissaan. Osa teknologioista auttaa jatkamaan elämää mahdollisimman normaalisti pandemiasta riippumatta. Osa tarjoaa meille uuden normaalin. Muutamme tapojamme pysyvästi kestävämmiksi.

Tarpeiden ja yhteiskunnan tarpeita tyydyttävien funktioiden näkökulmasta suoritettu analyysi tarjoaa erinomaisen pohjan yhteiskuntien kriisinkestävyyden, resilienssin, tarkasteluun. Pandemian seuraukset yhteiskunnalle eivät ole vakavat, mikäli yhteiskunnan jäsenten keskeiset tarpeet ja päämäärät voidaan tyydyttää, vaikka jotkin totut toimintatavat eivät olisi käytettävissä. Pandemian vaikutus ei ole toimialakohtaisten vaikutusten summa vaan yksilökohtaisten vaikutusten summa.

Kotitalouksiin yleisesti ulottuvat tietoverkot sekä paikasta riippumaton kohtaamisen, palveluiden ja transaktioiden digitalisaatio ovat olleet ratkaisevassa asemassa pandemian haitallisia vaikutuksia liudentamassa. Hyvin suuri osa tarpeista on voitu tyydyttää kohtaamatta muita ihmisiä fyysisesti ja tarjoamatta virukselle tartuntareittejä.

Tuotantojärjestelmien ja logistiikan automaatio ovat vähentäneet ongelmia. Keskinäisriippuvan maailman yhteinen ymmärrys ja kyky käydä kansainvälistä kauppaa ilman fyysisiä kohtaamisia on ollut ratkaisevan tärkeää. Joustavat tuotantolinjat ovat auttaneet reagoimaan muuttuneisiin tarpeisiin ja lähituotanto alihankkijoiden toimitusvaikeuksiin. Pandemia on osoittanut, että huoltovarmuus on kriittisiltä osiltaan alueellinen kysymys eikä kansainvälisen kaupan jatkuvuus tai joustavuus ole kriiseissä taattu.

Huolimatta siitä, että pandemiassa on kyse tartuntataudista, ei lääketieteen tai terveydenhuollon teknologialla toistaiseksi ole ollut yhtä hallitsevaa merkitystä ongelmien lieventämisessä kuin sosiaalisen etäännyttämisen mahdollistavalla teknologialla. Terveydenhuolto on kuitenkin eturintamassa kohdannut suurimman haasteen ja lääketieteellinen tutkimus taudin luonteesta, hoitokäytäntöjen merkityksestä sekä erityisesti rokotekehitys ovat edenneet hämmästyttävän nopeasti. Tietotekniikan, geeniteknologian, soluviljelyn ja joukkoistuksen rooli tässä kehityksessä on erityisen suuri.

Kriisin kuluessa nopeasti avuksi tulleet teknologiat ovat luonnollisesti niitä, jotka ovat jo laajasti olleet olemassa. Rokotekehitystä mahdollisesti lukuun ottamatta täysin uudet tai radikaalit teknologiat eivät ymmärrettävästi ole kypsiä laajaan käyttöön vuosien kuluessa. Keskeiset avuksi otetut teknologiat ovat siksi sellaisia, joita on käytetty jo aiemmin, mutta joiden käyttö on nyt merkittävästi laajentunut. Monet kokeelliset radikaalit teknologiat ovat kuitenkin saaneet merkittävää nostetta osoitettuaan hyödyllisyytensä rajatuissa kokeiluissa. Pandemialla onkin merkittävä vaikutus sekä uusien teknologioiden käytön laajenemisessa että kehityshuomion kohdistamisessa. Tämä ei varmastikaan jää viimeiseksi kriisiksi ja kehitys on parasta varautumista.

Pandemian jälkitilassa yhteiskunnilla on tarve elvyttää talous takaisin jaloilleen. Kollektiiviset arvot saavat aiempaa suuremman sijan, mikä näkyy mm. EU:n elvytyksen laajassa kohdistamisessa kestäväan kehitykseen. Digitalisaation merkitys on myös ymmärretty resilienssiä vahvistavana tekijänä. Samalla sekä organisaatiot että yksilöt

ovat pandemian kuluessa saaneet onnistumisen kokemuksia. Digitaalisten käytäntöjen kasvanut osaaminen vauhdittaa organisaatioiden ja työn kehitystä merkittävästi. Eri-tyisen voimakas tämä loikka on ollut verkkokaupan, etäoppimisen ja etätyön osalta.

Arvonluontiverkoston tarkastelu [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportin kehikossa osoittaa pitkäaikaista siirtymää henkilöliikenteestä etävaikuttamiseen. Muut siirtymät tapahtuvat pääosin arvonluontiverkoston sisällä em. raportin jo aiemmin osoittamaan suuntaan.

4.2. Teknologiaan liittyvät politiikkasuositukset

Pandemia on yhtäältä osoittanut puutteita yhteiskuntien kriisinkestävytydessä ja toisaalta monet uudet käytännöt ovat osoittaneet toimivuutensa. Puutteiden korjaaminen tähtää kykyyn selvitä uusista korona-aalloista tai vastaavia seurauksia aiheuttavista muista kriiseistä. Monet pandemian pakottamana käyttöön otetut toimintatavat ovat hyviä normaalioloissakin. Hyötyjen turvaamiseksi on nyt olennaista poistaa uusien käytäntöjen tarpeettomia esteitä. Elvytys luo oman mahdollisuutensa kollektiivisesti hyödylliseksi koettujen teknologialoikkien vauhdittamiseksi. Tarkastellaan näistä läh-tökohdista tehdyn selvityksen olennaisia havaintoja.

Kevytliikenteen sääntelyn helpottaminen on selkeästi vähentänyt henkilöliikenteen ongelmia. Vastaavan hyödyn tarjoaa tulevaisuudessa robottitaksiliikenne. Suurempi lupaus sekä resilienssin että tehokkuuden suuntaan on robottikuljettimien suosiminen tavaroiden jakelussa. Tämä edellyttää sekä lainsäädännön että kaavoituksen ja infra-struktuurin kehittämistä robottijakelua ja automaattivarastoja tukevaksi nykyisen kauppakeskuskeskeisen itsepalveluun perustuvan parkkialueinfrastruktuurin sijaan.

Verkkokaupan toimivuutta tulisi parantaa viranomaistoimin. Korttelilokerikkojen tulisi olla kaavoitettu osa infrastruktuuria, joka on yksittäisistä jakelijoista riippumaton, ja toimii valtakunnallisesti standardoitujen digitaalisten avainten avulla. Nykyinen verkkokaupan logistinen rakenne on kansalaisen kannalta sekava ja tehoton. Mikäli asiaa ei saateta kuntoon julkisena alustana, on uhkana antautuminen tehokkaiden verkkokaupan jättien, kuten Amazonin, synnyttämälle suljetulle infrastruktuurille.

Tavaroiden valmistuksen suurin kipupiste pandemian aikana on ollut kysynnän muutos ja toimitusketjujen katkeaminen. Joustavan lähivalmistuskapasiteetin kasvattaminen lisäisi resilienssiä merkittävästi. Tämä olisi käytännössä kustannuksitta toteutettavissa esimerkiksi siirtymällä monissa materiaalitarpeissa tuottamaan tarvikkeet suurten organisaatioiden sisällä itse paikallisesti 3D-tulostimilla. Esimerkiksi puolustusvoimat ja monet muut viranomaistahot voitaisiin ohjata tuottamaan soveltuva osa tarvikkeistaan 3D-tulostimilla, jotka kriisitilanteessa siirrettäisiin toiseen käyttöön. Keinot paikallisen tuotantovalmiuden kustannustehokkaaksi ylläpitämiseksi tulisi selvittää.

Elintarviketuotannossa huoltovarmuus kohentuu saattamalla kerrosviljely vähintään vastaavien tukien, koulutuksen ja sääntelyn suhteen perinteisiin viljelytapoihin verrattuna. Radikaalien ruoantuotantotapojen, kuten bioteknisen lihan ja robottikeittiöiden

kehitystä tulisi erityisesti tukea. Säädöksiä tulisi uudistaa ymmärtäen satokausiin sekä varastointiin sidotun maatalouden ja siirtotyöläisten kriisialttius.

Rakennetussa ympäristössä, erityisesti ihmisten kohtaamistilojen ilmanvaihtomääräyksissä ja tilankäytössä, tulisi huomioida aerosolien leviämisen estäminen tai niiden aiheuttaman viruskuorman vähentäminen. Tärkeintä tämä on yhteiskunnan toiminnan ja kansalaisten henkisen kestämisen kannalta olennaisissa toiminnoissa. Robotisoidun siivoamisen ja desinfioinnin kehitystä tulisi edistää kansallisesti ja viranomaisvetoisesti alkaen valtion ja kuntien toimeksiannoista niiden ylläpitämissä laitoksissa.

Vaihdannan digitalisoitumista tulisi edistää yleisen digitalisointikehityksen osana. Digitaalinen allekirjoitus tulisi kaikessa toiminnassa asettaa samalle tasolle fyysisen allekirjoituksen kanssa kuten myös digitaaliset kohtaamiset fyysisen kohtaamisen juriidiseksi vasteeksi. Tietoturvanormituksen tulisi olla katsastukseen perustuva kaikissa tietoturvan kannalta kriittisissä järjestelmissä epätietoisuuden ja vastuurajojen selvittämiseksi. Julkisiin tiloihin tulisi järjestää pääsy etäläsnäololaitteiden avulla ja kaikkien julkisten asiointipalveluiden tulisi velvoittavalla tavalla olla saavutettavissa videoneuvotteluteitse, ellei fyysinen läsnäolo erityisestä syystä ole välttämätöntä.

Etätyöhön liittyvä ongelmakenttä tulisi selvittää laajasti. Etätyön laajaa käyttöä rajaa epäselvyys työnantajan työnjohdollisesta oikeudesta, vastuu- ja vakuutusturvakysymyksistä sekä lukuisista muista yksityiskohdista. Etätyön oikeudet ja velvoitteet tulisi saattaa sekä työnantajan että työntekijän osalta verrannollisiksi perinteiseen työtilanteeseen. Etätyön ja etäkokousten tietoturva tulisi järjestää siten, että sekä valtion että kuntien puitteissa kokouksissa ja asioinnissa käytetyt ratkaisut ja palvelut olisi esimerkiksi kyberturvallisuuskeskuksen katsastamana hyväksytty luottamuksellisten asiakirjojen käsittelyyn riittävällä tasolla. Monimutkaisten ja vastuultaan raskaiden asioiden pohdinnan ja riskien jättäminen kunkin organisaation itse harkittavaksi ei edistä asiaa.

Työn tarve on pandemian aikana vähentynyt monissa tehtävissä ja kasvanut toisaalla. Monialaorganisaatiot ovat onnistuneet siirtämään työvoimaa organisaatioiden sisällä tehtävästä toiseen. Organisaatioiden välillä tämä on ollut ongelmallista. Nopeita alueellisia ja globaaleja shokkeja varten tulisi kehittää nykyistä joustavampia rakenteita, jotka eivät estä lyhytaikaisia työpaikan vaihtoja esimerkiksi lomautusjaksojen aikana.

Terveystieteidenhuollossa telelääketieteen roolia tulisi kasvattaa ja diagnoosimenetelmiä kehittää etälääketieteelle sopiviksi. Kotitalouksien käytössä oleviin diagnostisiin laitteisiin liittyvät vastuurajat tulisi selvittää siten, että vastuut jakautuvat vaikutusmahdollisuuksien mukaan. Itsediagnostiikan välineitä ja ohjeistusta tulisi suosia väestön terveydellisen ymmärryksen kehittämiseksi. Lääketieteellisen tiedon käyttöä epidemioiden selvittämisessä ja tartuntaketjujen jäljityksessä sekä telelääketieteessä tulisi helpottaa ja selkiyttää tavalla, joka tasapainottaa saavutettavissa olevan terveysturvan ja yksityisyyden suojan. Yksityisyydensuojaan liittyvistä peloista ei saa tulla elämää tärkeämpää kysymystä, jos pelkoihin ei ole vakavaa aiheutta. Ennaltaehkäisevän varovaisuuden sijaan tulee painottaa jälkikäteistä rangaistavuutta, jos nämä yksityisyyden suojan nimissä tehdyt rajoitukset vaarantavat kansalaisten hyvinvoinnin.

Pandemian aluksi ei teknologialla ole ollut ratkaisevaa roolia itse taudin hoidossa. Epidemian edetessä hoitomenetelmät ovat kuitenkin kehittyneet ja tulokset parantuneet.

Taudin ehkäisyä ja hoitomenetelmiä kehitettäessä geeniteknologian merkitys on ollut suuri ja jopa ratkaiseva rokotekehityksessä. Myös testimenetelmien kehitys, tartuntamekanismien mallinnus ja viruksen leviämistapoihin ja hygieniatoimien tehokkuuteen liittyvä mittaaminen ovat olleet tärkeässä roolissa ja niitä tulisi tukea.

Vanhustenhoidossa ja lastenhoidossa toimivat organisaatiot tulisi velvoittaa nimeämään organisaatiokohtaiset vastuuhenkilöt. Näille kuuluisi pandemiavarautuminen laitoskohtaisine suunniteltuine käytäntöineen, teknologioineen ja varusteineen. Toiminnan tulisi olla samalla tavalla systemaattista kuin esimerkiksi elintarvikehygienian, paloturvallisuuden tai työturvallisuuden suunnittelu ja valvonta.

Yleistä tiedon hankintaa ja jakamista kriisien uhatessa tulee kehittää. Luotettava tieto on yllättävissä tilanteissa vähäistä. Normien ohjaamien organisaatioiden sijaan tilannekuvaa tai rinnakkaista kriisiajan tilannekuvaa synnyttämään tarvitaan epävarman tiedon käsittelyyn ja viestintään tottuneita ryhmiä. Hajautetussa päätöksenteossa tarvitaan läpinäkyvyyttä ja arvojohtamista. Epävarmuudet tulee kuvata selkeästi, jotta jokainen päätöksentekijä, olipa sitten poliitikko, viranomainen, yrityspäätäjä, kolmannen sektorin edustaja tai kotitalous, kykenee tekemään päätöksensä epävarmuuksista tietoisena. Muutoin päätöksiin tulee vääristymiä ja tietoihin lakataan luottamasta. Tähän on lisättävä sekä osaamista, teknologiaa että asenteeltaan sopivia kykyjä.

Oppimateriaalien digitalisointia ja etäopetuksen menetelmien kehitystä tulisi vauhdittaa ja systematisoida. Etäoppiminen tulisi saattaa saman arvoiseksi yhteisessä fyysisessä tilassa suoritettujen oppimisen kanssa. Osaamisen näyttö etäyhteydellä tulee selvittää ja säädellä siten, että se tentit voidaan osapuolten halutessa suorittaa kotoa käsin lakien sitä estämättä. Esimerkiksi kotonaan omasta halustaan tenttiä suorittavan opiskelijan suorituksen valvonta on voitava järjestää kotirauhaan liittyvien säädösten estämättä siten, että vilpilliset suoritukset voidaan riittävän luotettavasti havaita.

Opetuksen kehittämisessä tulee entistä paremmin ottaa huomioon digitalisoinnin tarjoamat positiiviset mahdollisuudet mm. käännetyt oppimisen, simulaatioiden ja tekoälyn avulla. Esimerkiksi tuntijakoon ja luokkakokoon sekä muuhun opetuksen järjestämiseen liittyvät määräykset estävät nykyisellään opettajien ja oppimateriaalien kehittäjien yhteisesti optimaalisen ajankäytön. Tämän vuoksi digitalisaatio usein näyttäytyy vain ylimääräisenä kustannuksena ja usein jopa kaksinkertaisena opettajatyönä. Etäopetukseen tulee suunnitella omat puitteensa pohjaamatta rakenteita ja normeja perinteisen opetuksen malleihin. Verkko-opetuksen tulee olla tarjolla siitä hyötyville.

Kokonaisuutena Suomi on säilyttänyt toimintakykynsä pandemian aikana useimpia muita maita paremmin. Poikkeuslakeihin siirtyminen, eduskunnan laaja yksimielisyys ja kansalaisten yhteistyöhalu ovat olleet keskeisiä avaintekijöitä. Yhteiskunnan korkea digitalisaatioaste ja kansalaisten korkea osaamisen taso selittävät myös onnistumista hyvien turvaverkkojen ohella. Ongelmia on siltikin syntynyt. Entistä laajempi uuden teknologian käyttöönotto auttaa mahdollisissa tulevilla pandemiatilanteissa ja muissa yhteiskuntaa kohtaavissa kriiseissä sopeutumaan muuttuviin ympäristötekijöihin.

Tämä raportti on kattava katsaus pandemian moniin vaikutuksiin ja osoittaa tärkeällä tavalla tulevaisuusvaliokunnan työssä mallinnettujen arvonluontiverkoston merkityksen äkillisten murrosten yhteiskunnallisten vaikutusten arvioinnissa. Työ laajentaa

aiempia raportteja radikaalien teknologioiden yhteiskunnallisista vaikutuksista muiden ilmiöiden yhteiskunnallisiin vaikutuksiin ja huomioi myös jo käytössä olevat teknologiset valmiudet. Arvonluontiverkostot soveltuvat toimiala- ja hallintoalatarkaste-
luja paremmin sellaisten murrosten arviointiin, joissa tarpeiden tyydyttäminen siirtyy toimialarajojen yli. Arvonluontiverkostojako on vakiintunut [Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037](#) -raportin mukaiseksi. Tämä mahdollistaa raporttisarjan tulosten vertailtavuuden ja yhdistelyn.