Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037

Yhteiskunnan toimintamallit uudistava radikaali teknologia

Risto Linturi, Osmo Kuusi

Väliraportti sisältäen arvonluontiverkostojen ja teknologiakorien luonnokset

1 Arvonluontiverkostojen taso: merkitysalueiden teknologiakorit

Mikään yksittäinen näkökulma ei riitä teknologisen kehityksen arvioinnissa. Lupaavimpien teknologisten ratkaisujen tunnistamiseksi on niitä tarkasteltava monien näkökulmien avulla. Tässä tarkoituksessa, jotta erilaiset näkökulmat tulisivat systemaattisesti huomioiduksi, kuvataan nyt kaksikymmentä arvonluontiverkostoa. Näistä jokaista käytetään kunkin teknologisen ratkaisujen potentiaalia arvioitaessa. Tarkoitamme arvonluontiverkostoilla seuraavaa:

1. Arvonluontiverkko kuvaa maailmanlaajuisiin tarpeisiin perustuvaa teknologisen ja yhteiskunnallisen muutoksen aluetta. Arvonluontiverkostot on valittu suomalaisille tutusta länsimaisesta näkökulmasta. Mittasuhteiden ymmärtämiseksi sekä kotimarkkinoiden mahdollisena säästönä, että vientimarkkinoilla, arvonluontiverkostojen koko on kuvattu Suomen kansantalouden lukuina.

2. Ennakoimme, että arvioinnissa käyttämiemme 20 arvonluontiverkoston kautta ihmiset ja organisaatiot maailmassa ja erityisesti Suomessa tyydyttävät valtaosan tarpeistaan vuoden 2030 perspektiivillä. Monet maailman maat kehittyvät meitä hitaammin, joten nopean kehityksen kautta voimme hyötyä edelläkävijän eduista.

Vaikkakin tässä luvussa kuvatut verkostot muistuttavat joiltakin osin toimialajakoa, kyse ei ole toimialajaosta vaan erikoistumisen ja vaihdannan virtauksista, joissa vuorovaikutus tuottaa erityisesti jotakin määrättyä arvoa. Organisaatiot ja yksilöt kuuluvat useaan eri arvonluontiverkostoon, joten tässä ei ryhmitellä organisaatioita, ainoastaan niiden pääasiallisen toiminnan sisältöjä.

Kukin myöhemmin luvussa kaksi kuvattu uusi teknologinen ratkaisu avaa onnistuessaan merkittäviä lisäarvon mahdollisuuksia ja myös uhkia näihin arvonluontiverkostoihin vuoteen 2037 mennessä. Kyse voi olla yksilön tarpeiden ja halujen aiempaa tehokkaammasta, kattavammasta tai laadukkaammasta tyydyttämisestä tai riskien kasvamisesta.

Pääosa arvonluontiverkostojen kuvauksissa esitetyistä luvuista perustuu Tilastokeskuksen aineistoon, muut on joko mainittu lukuja esitettäessä tai arvonluontiverkostojen kuvausten jälkeen esitettävässä lähdeluettelossa.

Arvonluontiverkosto			
AVID	**Arvonluontiverkosto**	**Nykyinen regiimi**	**Haastajaregiimi**
1	Henkilöliikenne	Kuljettajallinen yksityis- ja joukkoliikenne	Kuljettajaton liikenne palveluna
2	Tavaraliikenne	Kuljettajallinen liikenne	Kuljettajaton liikenne, robotisoitu lastaus ja purku
3	Tavaroiden valmistus	Teollinen, keskitetty, toisteinen	Robotisoitu, hajautettu, yksilöllinen
4	Ravinto	Maanviljelys, elintarviketeollisuus, jakelu	Kaupunkiviljely, robottilähikeittiö
5	Energia	Perinteisiin keskitettyihin energialäht. ja säätövoim.	Uusiutuviin, hajautukseen ja energiavarastoihin
6	Raaka-aineet	Kaivannaiset, energiarikas prosessiteollisuus	Kiertotalous, uusiutuvat materiaalit
7	Rakennettu ympäristö & kunnossapito	Perinteinen rakentaminen&kunnossapito	Rakentamisen ja kunnossapidon robotisaatio
8	Vaihdanta	Brändit, kauppapaikat, hierarkiat, B2B2C	Peukut, alustat, vertaisuus, C2B2C
9	Etävaikuttaminen	Puhelin, televisio, internet, some	VR/AR, etiäiset ja muu kauko-ohjaus
10	Koneiden palvelu/hallintotyö	Keskitetty, konevoimaan ja ihmisälyyn perustuva	Hajautettu, koneälyyn ja joukkoistukseen perustuva
11	Ihmisten työ/ansainta	Palkkatyö erikoistumiseen ja vaihdantaan liittyen	Yhteistyö, omavaraisuus, mikroyrittäminen
12	Terveyden ylläpito	Terveydenhuollon järjestelmä, yleiset suositukset	Itsediagnostiikka, pelillistäminen, yksilöll. ravinto
13	Toimintakyvyn palauttaminen	Leikkaukset, lääkintä	Robotiikka, tekoäly
14	Havaitseminen/tietäminen	Tutkimukset, raportit, uutiset	Keinoäly, joukkoistus, yksilön havaintovälineet
15	Osaamisen siirto/näyttäminen	Oppilaitokset ja niiden tutkinnot, työssä oppiminen	Käännetty ja itseoppiminen, AI, osaamisen näyttö
16	Elämykset	Tuottaja-kuluttajapainotus, massaviihde, turismi	Pelit, jaettu VR-todellisuus, AR, vuorovaikutus, AI
17	Turvallisuus	Aineellinen alueellinen turvallisuus	Aineettoman kautta rajat ylittävä hybriditurvallisuus
18	Luottamus ja yhteistyökyky	Viranomaisten, brändien, hierarkioiden luoma	Vertaisluottamus alustojen kautta
19	Tarkoituksellisuus(Frankl)	Työ, asema, sosiaalinen verkosto	Aikaansaannokset, peukut, osallisuus
20	Valtarakenteet, päätöksien osaavuus	Enemmistö valitsee, kuka päättää ja delegoi	Vaihtoehtoisten hallintojen subsidiariteettikilpailu

1.1 Henkilöliikenne

Arvonluontiverkoston rajaus: Henkilöliikenteen tavoitteena on siirtää ihmisiä paikasta toiseen. Tärkeimmät arvot ovat mukavuus, vapaus, turvallisuus ja kustannus. Mukavuuteen liittyy matkan ajallinen ja fyysinen rasittavuus, vapauteen yhtäältä mahdollisuus valita matka-aika ja matkakohde, sekä toisaalta mahdollisuus tehdä haluamiaan muita asioita matkan aikana. Turvallisuus koskee sekä matkustajaa että sivullisia ja ulottuu kulkuvälineiden ympäristöhaittoihin. Kustannus jakautuu matkustajan ja yhteiskunnan maksamiin, sekä kiinteisiin että muuttuviin kuluihin, jotka siirtymistarpeen ratkaisemisesta seuraavat.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Liikenteen robotisaatio vapauttaa liikennevälineet kuljettajasidonnaisuudesta. Joukkoliikennevälineitä voidaan pienentää, vuorovälejä tihentää ja yksilöllinen liikkuminen voidaan tarjota edullisesti palveluna. Jaettujen resurssien käyttö muuttuu aiempaa yksinkertaisemmaksi, kun liikennevälineen voi kutsua paikalle tarvittaessa ja sen voi jättää jatkamaan matkaa seuraavan tarvitsijan luo, kun sitä ei itse enää tarvitse. Tämä mahdollistaa myös matkaketjun suorittamisen yhä monipuolisemmin eri liikennevälineillä, josta polkupyörien nopeasti laajeneva yhteiskäyttö kaupungeissa on hyvä esimerkki. Robottiliikenne sallii myös ajokortittomien helpon ja edullisen yksilöllisen liikkumisen.

Liikenteen robotisaatio koskee sekä maantieliikennettä, ilmaliikennettä että vesiliikennettä ja yhtä lailla joukkoliikennevälineitä kuin muita henkilöliikennevälineitä. Suurin huomio kohdistuu robottiautoihin ja niiden kyvyt kehittyvät nopeasti. Ensimmäisessä vaiheessa robotiikka on avustanut kuljettajaa. Meneillään olevissa kokeiluissa autot hallitsevat tietyn alueen tai reitin autonomisesti. Tällaisilla ratkaisuilla on jo suuri taloudellinen vaikutus.

Teknologiavalmius täydelliseen ihmisen kaltaiseen ajamisen autonomiaan on jo monien alan asiantuntijoiden mukaan käden ulottuvilla. NVidia on ilmoittanut uuden prosessorinsa kykenevän laiteteknisesti korkeimpaan 5-tason autonomiaan, kun tarvittavat ohjelmistot saadaan valmiiksi. GM on ilmoittanut saaneensa valmiiksi tuotantolinjan, joka kykenee valmistamaan satoja tuhansia autonomiseen ajoon tarkoitettuja robottiautoja vuodessa. Google on käynnistänyt täysin autonomisen robottitaksipalvelun Phoenixin keskusta-alueella.

Autoteollisuuden ja elektroniikkateollisuuden piirissä on tiedotettu lukuisista miljardi-investoinneista robottiliikenteen edistämiseksi. Näiden tietojen perusteella voidaan arvioida robottiautojen nopeimman markkinakasvun sijoittuvan 2020-luvun alkupuolelle ja jatkuvan nopeana 2030 luvulle saakka, kunnes markkina on saturoitunut.

Ilmaliikennettä varten on kehitetty autonomisia lentotakseja. Useat varteenotettavat organisaatiot suorittavat koelentoja laitteilla, jotka kyyditsevät matkustajan helikopterikentältä toiselle ilman kuljettajaa. Laitteet ovat valtaosin sähkökäyttöisiä ja tarkoitettu lyhyiden matkojen liikkumiseen ruuhkaisilla kaupunki-alueilla. Akkujen ja sähkömoottoreiden kehitys tuonee tämän liikkumismuodon huomattavasti nykyisiä pienlentokoneita ja helikoptereita tavallisemmaksi jo 2020-luvun kuluessa.

Raideliikenteessä merkittävin robotisaation mahdollistama uudiste on Hyperloop, jossa sukkulat kulkevat magneettisella kitkattomalla radalla tyhjiössä lähes tuhannen kilometrin tuntinopeudella. Tekniikka mahdollistaa kaupunkien keskustojen välisten matka-aikojen kutistamisen esimerkiksi kahdesta tunnista kymmeneen minuuttiin ja vuorovälien kutistamisen tunneista minuutteihin. Ensimmäiset henkilöliikenteeseen tarkoitetut Hyperloop-radat on suunniteltu avattaviksi 2020-luvun alussa.

Tärkeimmät henkilöliikenteen robotisaatiota edistävät arvot liittyvät liikkumisen vapauteen ja kustannustehokkuuteen sekä turvallisuuteen ja mukavuuteen.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Liikenneviraston tietojen mukaan kotimaan henkilöliikennesuorite on noin 74 miljardia henkilökilometriä. 90% tästä kertyy tieliikenteestä ja 20% joukkoliikenteestä. Valtaosa henkilöliikenteestä, runsaat 70% tapahtuu henkilöautoilla ja tavallisimpia ovat lyhyet matkat. Liikenteessä on noin 2.7 miljoonaa henkilöautoa, kun rekisteröityjä moottoriajoneuvoja on liikenteessä kaikkineen noin 5 miljoonaa.

Henkilöautoa ohjataan noin miljardi tuntia vuositasolla ja keskimäärin kullakin autolla ajetaan 17 tuhatta kilometriä. Ajoneuvojen käyttöaste on hyvin alhainen ja kiinteät vuosittaiset autonpitokustannukset huomattavat. Kukin yksi auto vaatii enemmän kuin yhden parkkipaikan työpaikkojen, palveluiden, viihteen ja asunnon läheisyydestä. Vaikutukset kaupunkirakenteeseen ovat huomattavat.

Tavallista on, että henkilöautolla liikkuja ajaa autossaan yksin kotoa työpaikalle tai asiointipaikkoihin ja näin tehdessään kuormittaa runkoreittejä ja hidastaa joukkoliikennettä. Tämä johtuu osittain liityntäliikenteen parkkipaikkojen puutteesta ja osittain jatkoyhteyden tarpeesta runkoreittien jälkeen.

Joukkoliikennettä voidaan pitää vuoroväleiltään ja reiteiltään hyvin järjestettynä suurissa kaupungeissa, mutta ongelmallisena haja-asutusalueilla. Joukkoliikenteen kehittäminen ei ole kyennyt estämään henkilöautokannan kasvua ja siitä aiheutuvaa ruuhkautumista. Valtaregiimi on selkeästi yksityisautoilu, jota kaavoitus tiestöineen, katuineen, parkkialueineen ja palveluiden sijoitteluineen pääosin palvelee.

Tärkeimpiä nykyistä valtaregiimiä säilyttäviä arvoja ovat olemassa olevat säädökset ja kaupunkiarkkitehtuuri sekä ajamisen ja auton omistamisen nautinto ja niiden suoma vapaus nykyisen kaltaiseen joukkoliikenteeseen verrattuna. Myös auton melko korkea pitokustannus ja alhainen muuttuva kustannus suosivat auton käyttöä.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Robottiliikenne mahdollistaa edullisen palvelurakenteen, jossa yhdistyvät henkilöauton ja joukkkoliikenteen hyödyt. Robottikuljetin voi noutaa henkilön ovelta ja viedä perille tai joukkoliikenteen runkoreitin varteen. Koska robottiliikenteessä ei ole kuljettajakustannusta, ja korkeamman käyttöasteen vuoksi pitokustannukset jakautuvat suurempaan kilometrimäärään, on kilometrikohtainen kustannus yksityisesti omistettua autoa pienempi, vaikka muuttuva kustannus olisi sama. Käyttöasteen kasvun myötä MaaS-liikenteen muuttuvaakin kustannusta on mahdollista laskea ja täyttöastetta nostaa.

Palveluna saatu liikkuminen on vaivatota ja huoletonta. Kansantalouden tasolla säästöt saattavat nousta jopa 10-20 miljardiin vuositasolla Suomen mittakaavassa ja päämia voi vapautua karkeasti arvioiden 100 miljardin edestä autokannan pienentyessä ja kaupunkirakenteen tiivistyessä. Robottiliikenteen arvioidaan lisäksi tulevaisuudessa olevan merkittävästi kuljettajallista liikennettä turvallisempaa.

Riskit liittyvät vastuuepäselvyyksiin, systeemisiin haavoittuvuuksiin ja tietosuojaan. Vastuun mahdollisista ongelmista ja haavoittuvuuksista tulisi olla sillä taholla, joka ne voi kantaa ja, joka voi ongelmien määrää ja haavoittuvuuksia vähentää. Monet ajattelevat sen tahon olevan ajoneuvon valmistajan. Kansallisella tasolla tämä on haaste ja suuri muutos nykyiseen ajatteluun. Systeemiset haavoittuvuudet liittyvät tietoliikenneteitse tapahtuvaan kauko-ohjaukseen sekä ohjelmistopäivityksiin ja autojen käyttöön terrorismin tarkkoituksissa. Robottiliikenne tulisi järjestää siten, että kaikki liikenneturvallisuuteen liittyvä valvonta toteutetaan paikallisena autonomiana, jota ei voi tietoliikenneteitse ohittaa.

Muutosta hidastavia tekijöitä on paljon. Ajoneuvojen käyttöikä on pitkä ja autokanta uudistuu hitaasti. Investoinnit ovat kotitalouksille suuria ja robottiliikenteen edetessä vanhojen autojen jälleenmyyntiarvo saattaa romahtaa. Autoista ei siis kannattavasti pääse eroon. Omistusauto on monelle statussymboli ja vapauden sekä kyvykkyyden osoitus. Infrastruktuuri ei sellaisenaan ole este, vaikka monet puhuvat älyteiden ja 5G-verkkojen tarpeesta robottiliikenteen yhteydessä. Ajoneuvovalmistajat kehittävät robottiautojaan tavalliseen tiestöön sopiviksi. Robottiautot eivät kuitenkaan osaa tankata tai ladata autoa itse, ja myös ajoneuvojen puhdistukseen tarvitaan jonkin vielä syntymätön palvelurakenne.

Toimialan rakenne ja regulaatioympäristö palvelevat nykyistä valtaregiimiä ja uusia toimijoita ja toimintatapoja tarvitaan, jotta robottiliikenne palveluna toimisi siten, ettei yksityisautolla enää olisi liikkumisen vapautta kasvattavaa merkitystä. Tekninen osaaminen on sekä palveluntarjoajilla että viranomaisilla riittämätön, mikäli muutos on ennakoidulla tavalla nopea ja ajoneuvokanta muuttuu robotisaation yhteydessä sähköiseksi ja valvomoista seurattavaksi.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Palveluna järjestettyyn kuljettajattomaan liikenteeseen siirtyminen synnyttää monia uusia ammatteja. Ajojärjestelijä vastaa, että liikennevälineet sijoittuvat odottamaan uusia kyytejä sinne, missä niitä seuraavaksi tarvitaan. Kauko-ohjaaja valvoo ajoa ja selvittää ongelmatilanteita sekä opastaa kuljettajatonta ajoneuvoa, kun se ei osaa edetä turvallisesti. Etäavustaja keskustelee matkustajien kanssa ja opastaa näitä ja autoa kohteen ja reitin valinnassa sekä päättää toimista henkilövahinkotilanteissa. Ajoneuvosiivooja vastaa ajoneuvojen siisteydestä ja antaa tarvittaessa matkustajille palautetta epätoivotusta käyttäytymisestä. Kaupunkilennonjohtaja huolehtii lentotaksien reiteistä, laskeutumispaikkojen kunnosta ja varaustilanteesta. Robottipoliisi ja kuljettajattoman liikenteen tarkastaja valvovat kuljettajatonta liikennettä, sen palvelutasoa sekä siihen liittyviä turvallisuusuhkia.

Muutoksen säädöstavoitteet: Liikennesektori on edistänyt uusien kulkuneuvojen käyttöönottoa ja robotisaatiota mm. sallimalla sähköisen kevytliikenteen välineitä ja edistämällä liikennettä palveluna Liikennekaaren avulla sekä edistämällä

kokeilukulttuuria. Seuraavia toimia olisi syytä vielä erityisesti edistää: Kaikki liikennemerkkitieto, opastintieto ja ajoväylätieto tulisi saada automatisoidusti ja reaaliaikaisesti valituista liikenteessä kulkevista ajoneuvoista, erimerkiksi Postin ajoneuvoista reaaliaikaisesti yhteiskäyttöiseen pilvipalveluun avoimena datana. Ilmatilan valvonta tulisi automatisoida kaupunkilennonjohdon osalta lentäjättömien henkilölennättimien tarpeisiin. Liikennekaareen liittyvä palvelurajapinta liikenteen tarjoajien ja matkustajasovellusten välillä tulisi toteuttaa pikaisesti ja huolehtia yhteensopivuudesta kansainvälisten toimijoiden, esimerkiksi Lyftin vetämän allianssin rajapintojen kanssa. Robottiauton seurantavelvoite ja vahinkojen vastuuttaminen ajoneuvon valmistajalle tulisi säätää ennen robottiliikenteen laajaa käynnistymistä. Robottiliikenteeseen liittyvä koulutus sekä toiminnan järjestämisen, teknisen kunnossapidon että valvonnan osalta tulisi käynnistää pikaisesti ja laajana. Robottikuljetuspalvelun regulointi tulisi säätää tavalla, joka mahdollistaa samanaikaisesti jakamistalouden, autonvuokrauksen ja robottitaksitoiminnan kaltaiset mallit ja integroituu riittävin osin liikkuminen palveluna -ajatteluun (MaaS).

Kansalliset erityispiirteet: Suomessa talviolosuhteet ja pitkät etäisyydet synnyttävät joukon kansallisia erityispiirteitä. Teknisesti robottiliikenne voi selvitä talviolosuhteista, mutta se ei varmasti ole kaikkien ajoneuvovalmistajien korkein prioriteetti ja kansallisesti on tärkeää kyetä itse valvomaan ja edistämään asiaa. Teiden talvikunnossapito on merkittävä yksittäinen kustannus, jonka robotisointi olisi erityisen kiinnostava haaste Suomen olosuhteet ja kyvykkyydet huomioiden.

1.2 Tavaraliikenne

Arvonluontiverkoston rajaus: Tavaroiden, laitteiden, eläinten ja raaka-aineiden sekä jätteiden siirto paikasta toiseen on tämän arvonluontiverkoston tavoite. Mukaan lasketaan myös sellaiset siirrot, joissa siirrettävä laite on pysyvä osa siirtävää kulkuneuvoa sekä menettelyt, joissa siirron suorittaa ihminen tai luonto.

Tavallisimpia tavoiteltavia arvoja ovat siirtokeinon vaivattomuus, kustannus ja yleiskäyttöisyys. Vaivattomuuteen liittyvät kuljetuksen saatavuus, tarpeenmukaisuus ja yksinkertaisuus. Kustannuksiin kuuluvat kaikki taloudelliset uhraukset, jotka siirron, kuljetusvälineiden ja reittien vuoksi joudutaan tekemään. Yleiskäyttöisyys on erikseen tavoiteltu asia, koska se vähentää investointien riskejä ja vakiintuessaan yleiskäyttöiset järjestelmät voivat standardoituumisen kautta tuottaa merkittäviä kustannushyötyjä.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Tavaraliikenne perustuu nyt toisteiseen automatiikkaan ja ihmistyöhön. Älykäs robotisaatio mahdollistaa tavaroiden kustannustehokkaan lajittelun ja autonomisen kuljetuksen. Tämä sallii yksittäistenkin tavaroiden kustannustehokkaan siirtämisen valmistajalta suoraan kuluttajalle, mutta myös materiaalivirtojen tarpeen mukaisen toimittamisen.

Tavaroiden yksilöllinen pakkaus, kuormaus, purku ja lajittelu robotisoituvat nopeasti. Tätä tukemaan kehitetään yksilöllisiä pakkausmerkintöjä ja yleiskäyttöisiä robotteja, jotka kykenevät keräilemään, pakkaamaan, siirtymään ja siirtämään tavaroita

joustavasti valmistuslinjojen, kuljettimien ja varastotilojen tai myymälöiden hyllykköjen välillä. Satamalogistiikassa tämä automaatio on jo konttien osalta tapahtunut, mutta toteutuu tarkastelujaksolla pienessäkin mittakaavassa.

Henkilöliikenteen robotisaatio on synnyttämässä teknologian robottiajoneuvoihin, joka on sovellettavissa liikenteeseen laajemminkin. Pienet jalkakäytävällä liikkuvat tavarankuljettimet, robotisoidut jakeluautot ja rekat ovat kokeiluvaiheessa. Teknologia on sovellettavissa myös raideliikenteeseen, vesiliikenteeseen ja ilmaliikenteeseen. Kukin autonomisesti toimiva liikenneväline tarvitsee konenäköä ja kykyä monenlaisten yllätyksellisten tilanteiden hallintaan ja perusteknologia on yhteinen, vaikka kukin ympäristö sisältää erityispiirteensä ja tarpeensa.

Robotisoiduista laivoista voidaan jättää miehistön tarvitsemat tilat ja laitteet pois. Tämä kasvattaa rahtitilaa ja vähentää kustannuksia. Laivat voivat myös säästää merkittävästi polttoainekustannuksia laskemalla nopeuttaan. Robottilaivoja kehitetään sekä valtameriliikenteen että sisävesiliikenteen tarpeisiin. Myös robotisoidut tutkimus – ja jätteidenkeruualukset ovat kehitystyön kohteina.

Nelikoptereilla ja muilla droneilla tapahtuva miehittämätön tavaroiden ilmakuljetus on käyttöönottovaiheessa. Pienten lääkepakettien kuljetuksen lisäksi puhutaan jo satojen kilojen painoisten tavaroiden kuljettamisesta ja selkeästi laajoista kaupallisista nelikoptereilla tavaraa kuljettavista jakeluverkoista.

Heterogeenisen kuljetusketjun hallintaan kehitetään tavaroiden yksilölliseen tunnistamisen ja ohjauksen pilvipalveluiden lisäksi fyysisiä rajapintoja, joiden kautta tavara voi siirtyä yhdeltä kuljettajalta toiselle, vaikka näillä ei olisi keskinäistä sopimussuhdetta. Älykkäät yhteiskäyttöiset lokerikot voivat avata pääsyn tavaraan sille, jolla sen kuljettamiseen on oikeus. Näiden toimien avulla voidaan saada tavaroille MaaS-palvelun tyyppisiä vastineita, joissa kuljetusketju tavaralle syntyy tarpeen mukaan ja koostuu kulloinkin saatavilla olevista kuljetusmuodoista.

Tärkeimpinä muutosta edistävinä arvoina voidaan pitää yksilöllisyyden tarvetta, kotikeskeisyyttä ja kustannustehokkuutta, mutta myös globalisaatiota ja verkkokaupan tuomaa vaivattomuutta ostamisessa ja vaihtoehtojen vertailussa.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Tavaraliikenteen perusratkaisut on nyt toteutettu teollisuuden ja kaupan ehdoilla, mutta monelta osin henkilöliikenteen kanssa yhteistä infrastruktuuria hyväksikäyttäen. Lyhyessä meriliikenteessä Suomi nojaa RoRo-aluksiin vähentäen uudelleenlastaustarvetta ja maksimoiden kaupan käyttämien kuormalavojen kapasiteetin. Raaka-ainelasteja lukuun ottamatta valtameriliikenne perustuu konttikuljetuksiin, jotka kontit ovat pääosin homogeenisesti pakattuja ja kulkevat teolliselta valmistajalta logistiikkakeskukseen uudelleenlajitteluun. Tämä kuljetusosuus on tyypillisesti hyvin edullinen ja suosii suuria kauppakeskuksia ja kaupan keskusliikkeiden logistiikkaketjuja.

Raaka-aineiden keräily tiloilta tapahtuu pääosin teollisuuteen, joka toimittaa valmisteet vientiin tai tukkuliikkeille edelleen jaeltavaksi. Pääosa tavarasta kulkee kotimaan liikenteessä maantiekuljetuksina, mutta teollisuuden keskitetysti käsittelemissä raaka-aineissa junakuljetusten osuus on suuri. Sisävesiliikenteen

osuus tavarankuljetuksessa on vähäinen. Vähittäiskaupassa tavaroiden kotiinkuljetus tapahtuu pääosin itsepalveluna ja kuluttajien omina henkilöautokuljetuksina. Tämän synnyttämä parkkipaikkatarve on vaikuttanut kauppojen sijoitteluun ja kaavoitukseen.

Liikenneviraston tietojen mukaan kotimaan liikenteessä kuorma-autojen kuljetussuorite on noin 20 miljardia tonnikilometriä, rautateiden kuljetussuorite noin 10 miljardia tonnikilometriä ja vesiliikenteen osuus noin 2 miljardia tonnikilometriä. Ulkomaankaupasta meriliikenteen osuus on lähes 90%. Ostos- ja asiointimatkoista tehdään 87% henkilöautoilla eikä tätä osuutta tavallisesti tilastoida logistiikkakustannuksiin.

Tärkeimmät valtaregiimiä säilyttävät arvot liittyvät nykyisiin normeihin, haluun säilyttää vanhat toimialarakenteet ja työpaikat sekä kulutustottumuksiin.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Mikäli tavarat kulkisivat sujuvammin valmistajilta asiakkaille, vähentyisi asiointiliikkumisen tarve, tavaroiden varastointitarve ja vanhenemiseen sekä ennustevirheisiin liittyvä hävikki. Samalla jakelulogistiikka tehostuisi, ruuhkaisuus vähenisi, kaupunkirakennetta ja tavaroiden saatavuutta voisi parantaa ja monipuolistaa. Erityisen suuria hyötyjä seuraisi myös haja-asutusalueille tavaroiden helpottuneena saatavuutena sekä toimituskyvyn parantumisena. Jakelulogistiikan avautuminen mahdollistaa myös laajemman kilpailun, kun valmistaja ei ole riippuvainen pääsystä tukkuliikkeen kanavaan.

Suurimmat riskit liittyvät työllisyysvaikutuksiin, jos vanhat työpaikat automatisoituvat, mutta uudistuminen ja korvaavan lisäarvon kehittäminen tapahtuvat niin hitaasti, ettei uusia työpaikkoja synny riittävän nopeasti tilalle tai niihin ei riitä tarvittavaa osaamista. Logistiikan automatisointi johtaa myös helposti systeemisiin ongelmiin ja keskitettyihin riskeihin sekä vikaantumisten että tahallisten toimintaa vaikeuttavien kyberhyökkäysten avulla. Näiden ohella on huomattava, että heterogeenisten pakkausten joukossa on entistä helpompi toimittaa luvattomia tai vaarallisia aineita anonyymisti. Robotisoidun logistiikan on tarpeellista tunnistaa kuljettamansa tavarat tai varmentaa lähettäjien vastuullisuus.

Muutosta hidastavat sekä työnantajajärjestöjen että työntekijäjärjestöjen asenteet, väestön tottumus kaupassakäyntiin ja olemassaoleviin tuotenimikkeisiin sekä markkinointikanaviin. Muutosta hidastaa myös henkilöautojen muuttuvien kustannusten vähäisyys, kaavoittajan halu suosia vanhoja menettelyitä, ja haluttomuus ratkaista kuluttajalle asti tapahtuvan jakelun ongelmia. Toimialan voimakas vertikaalirakenne estää rakennemuutosta eikä horisontaalisia rajapintoja ole reguloijan toimesta synnytetty. Digitalisaatio on tältä osin jäänyt huomiotta.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Kun tavarat kulkevat robotisoidusti valmistajalta asiakkaalle, vähenee yhtäällä ajoneuvojen kuljetustarve, mutta merkittävä osa itsepalveluna suoritetusta keräilystä ja kuljetuksesta siirtyy palveluna tehtäväksi. Tavaranlähettäjän ja tavarankulun valvojan kaltaiset pienhuolitsijan tehtävät, robottiliikenteen ohjauksen ja valvonnan ”fleet manager”, tehtävät, joukkoistetun kuljetuksen valvojan, vikaantuneiden tavararobottien ja niiden jättämien tavaroiden pelastajan tehtävät, tavaroiden kaukolastaajien ja purkajien

tehtävät kuuluvat kasvavien tehtävien joukkoon. Myös jakelulokerikkojen asennus, siivous ja valvonta tulevat työllistämään, mikäli yhtenäinen ja laajasti käytettävissä oleva infrastruktuuri saadaan syntymään. Osaamisvaje on erityisen suuri liittyen dronekuljetuksiin ja heterogeenisten tavaroiden hajautettuun lajitteluun.

Muutoksen säädöstavoitteet: Kävelyetäisyydellä ja liikenteen solmukohdissa olevat avoimet jakelulokerikot tulisi järjestää osana liikenneifrastruktuuria siten, että joukkoistetun jakelun eri osapuolia yhdistävä avoin kuljetusketju mahdollistuu. Tavaroiden autonomisen dronejakelun sallimiselle tulisi asettaa selkeä ja nopea tavoiteaikataulu. Dronejakelun vastaanottopisteet tulisi määrätä kaavassa jakelulokerikkojen osaksi. Tavaroiden jakelu tulisi osoite ja omistajatietojen osalta digitalisoida siten, että tavarassa itsessään on yksilöllinen identiteetti, jonka perusteella tarvittavat muut tiedot löytyvät pilvestä, jos tietoihin on oikeus. Näiden tietojen tulisi olla logistiikkarobottien tarvitsemassa laajuudessa ja muodossa saatavilla pilvestä. Säädöstavoitteena tähän riittää se, että valtion ja kuntien omat käytännöt ja valtion laitosten käytännöt siirtyvät uuteen osoitetapaan. Logistiikkakoulutus tulisi saattaa odotettavissa olevaan robottiaikaan. Tämä koskee niin suunnittelijoita, johtoa kuin suorittavaa porrasta.

Kansalliset erityispiirteet: Suomi kuljettaa poikkeuksellisen pienen osan sisäisistä tavaravirroista konttiliikenteessä ja useita kuljetusmuotoja yhdistelevää liikennettä on vähän. Tämä johtuu yhtäältä kaupan käyttämien kuormalavojen koosta ja toisaalta rautateiden ja sisävesisatamien vähäisestä halusta panostaa robotteihin, jotka siirtäisivät kuormia kuljetusmuodosta toiseen. Kaupan voimakas keskittyminen on myös johtanut suljettuihin logistiikkarakenteisiin. Logistiikkakustannukset ovat karkeasti kaksinkertaiset muun Euroopan keskiarvoon verrattuna.

https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2014-16_liikkumisen_ohjaus_web.pdf

1.3 Tavaroiden valmistus

Arvonluontiverkoston rajaus: Fyysisten tavaroiden ja laitteiden valmistus saatavilla olevista raaka-aineista on tämän arvonluontiverkoston päämäärä. Rajauksen ulkopuolelle jäävät elintarvikkeet sekä kiinteä rakennettu ympäristö, jotka käsitellään omissa arvonluontiverkostoissaan.

Tärkeimmät tavaroihin ja laitteisiin liittyvät arvot ovat toimivuus, kestävyys ja hankinnan helppous. Toimivuuteen liittyy tarkoituksenmukaisuus ja esimerkiksi esteettiset arvot, mikäli esineen on tarkoitus miellyttää silmää. Toimivuuteen liittyy myös käytön helppous ja muu käytännöllisyys esimerkiksi huoltotilanteissa. Kestävyyteen liittyy yksinkertaisen fyysisen kestävyyden lisäksi muu pitkäikäisyys esimerkiksi standardinmukaisuuden tai modulaarisen rakenteen ja helpon kunnossapidettävyyden kautta. Hankinnan helppouteen voidaan liittää etsimis- että hankintakustannus ja odotettavissa oleva käyttökustannus.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Nykyisen suuriin valmistussarjoihin ja hierarkiseen jakeluun perustuva tuotantorakenne voi tulevaisuudessa robotisaation kehittyessä hajautua siten, että tavarat valmistetaan enenevässä määrin asiakkaiden lähellä ja

heidän yksilöllisten tarpeidensa mukaan. Joustavat tuotantolinjat ja satelliittivalmistus ovat jo askel tähän suuntaan.

Maailmankauppa on WTO:n tietojen mukaan usean vuoden ajan kasvanut hitaammin kuin globaaali kansantuote. Tämä viittaa siihen, että valmistuksen paikallinen osuus olisi jo nyt kasvussa. Äärimmilleen vietynä kehitys tarkoittaisi käsityöläisajan kaltaista toimintaa, jossa tavaroita valmistetaan sekä omaan tarpeeseen että palveluna asiakkaille mittojen ja toiveiden mukaan.

Tehokas yksilöllinen tuotanto edellyttää digitaalisesti ohjattuja, teknisesti joustavia koneita, jotka kykenevät vaivattomasti muuttamaan toimintatapaansa tarpeen mukaan. 3D-tulostimet ovat hyvä esimerkki tämän suuntaisesta kehityksestä. 3D-tulostuksen tekniikoita on useita eikä mikään yksi laite sovi kaikkiin tarkoituksiin, mutta joustavuus ja monipuolisuus sekä tehokkuus ja laatu paranevat jatkuvasti. Laitteilla valmistetaan jo vaativat teolliset normit täyttäviä lentokoneiden ja autojen osia, silmälaseja ja proteeseja, lääketieteellisiä instrumentteja, mutta myös paljon kestokulutustavaroita, kuten kenkiä, koristeita. Käytetyt materiaaalit ulottuvat metalleista ja muoveista keraamiikkaan, komposiitteihin ja biologisiin materiaaleihin.

3D-tulostuksen lisäksi myös numeerinen työstö ja kokoonpanotekniikka kehittyvät jatkuvasti. Tekstiiliteollisuudessa kankaat voivat muuttua yksilöllisiksi ja robotit voivat jo täysin automaattisesti ja yksilöllisesti ommella yksinkertaisia vaatekappaleita. Robotit myös muuttuvat joustavuudeltaan yhä enemmän ihmisen kaltaisiksi. Robotti voi tarpeen mukaan siirtyä kohteen luo ja esimerkiksi tarttua siihen toisella kädellä ja valita sopivan työkalun toiseen käteen ja suorittaa työstöön tai kokoonpanoon liittyvän toimenpiteen. Robottien mukautuvuuden avulla varsinaista tuotantolinjaa tai liukuhihnaa ei tarvita, vaan yksi ja sama robotti voi tehdä suuren joukon työvaiheita valmistaen esimerkiksi tuolin ja seuraavaksi jakkaran.

Tekoäly ja uudet mittaus- sekä mallinnustekniikat, erityisesti parametroitu mallinnus, nopeuttavat yksilöllistä suunnittelua. Tavaran käyttötarpeen ja käyttäjän tai käyttöympäristön mittaaminen voidaan uusilla kuvantamistekniikoilla automatisoida, ja tekoäly voi esittää toivotun tyylin mukaisia luonnoksia hyväksyttäväksi ja laatia sen jälkeen roboteille valmistusohjeet.

Tärkeimmät muutosta edistävät arvot liittyvät yksilöllisyyteen tai pieniin valmistussarjoihin ja erityistarpeisiin sekä laajan valikoiman merkitykseen.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Nykyisin lähes kaikki tavarat tuotetaan suurissa teollisuuslaitoksissa toisteisia työvaiheita tekevien automaattien avulla. Valmistuksessa pyritään suuriin sarjoihin globaalin keskittämisen, jakelulogistiikan ja massamarkkinoinnin avulla. Suunnittelu on valmistukselle alisteista ja suuret brändit pyrkivät hallitsemaan kulutustottumuksia mielikuvien avulla. Alihankkijat toimittavat komponentteja päämiehilleen, joiden kokoonpanolinjoilla valmistuvat tuotteet toimitetaan jakeluportaiden kautta suurasiakkaille ja vähittäiskaupan hyllyille asiakkaiden noudettavaksi. Verkkokauppa ja yksittäisiä paketteja globaalisti toimittavan logistiikan tehostaminen ovat alkaneet murentaa tätä pelkistetyn hierarkista mallia.

Suomen tavaraviennin ja tuonnin arvo on tasoltaan noin 60 miljardia. Osa tästä kaupasta jää tämän arvonluontiverkoston rajauksen ulkopuolelle, kuten myös osa teollisuuden noin 300 tuhannen henkilön työvoimasta. Toisaalta tavaroiden ja laitteiden valmistusta palvelee moni muu sektori eikä inhimillistä arkea tai yhteiskuntaa niiden nykymerkityksessä voisi olla olemassa ilman tavaroita.

Tavaroiden valmistukseen liittyvät rakenteet määräävät merkittävän osan muun yhteiskunnan rakenteista. Suurimmat tavararyhmät liittyvät elektroniikkaan ja koneisiin, ajoneuvoihin ja muihin liikennevälineisiin, sisustukseen ja asusteisiin.

Tärkeimmät nykyistä valtaregiimiä säilyttävät arvot liittyvät normatiiviseen turvallisuuteen, kaupan ja logistiikan rakenteisiin sekä riskinottohaluttomuuteen ja julkisen vallan voimakkaaseen vientialojen tukeen ja kotimarkkinan toissijaisuuteen.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Yksilöllisen tarpeen mukaisen tuotannon etuja on paljon. Varastointi- ja logistiikkatarve vähenee kaikissa raaka-aineiltaan ja komponenteiltaan yksinkertaisissa tuotteissa. Yksilöllisyys ja sopivuus tuottavat lisäarvoa asiakkaalle. Joustava tuotanto ja helpottaa kunnossapitoa, kun rikkoutuneet tai kuluneet osat voidaan valmistaa paikallisesti tarvittaessa.

Paikallinen valmistus vähentää tuonti- ja vientitarvetta sekä lisää työllisyyttä. Palveluun yhdistetyssä pientuotannossa pääomien ja työn keskinäinen suhde on tyypillisesti työvaltaisempi kuin toisteisessa teollisessa työssä ja logistiikassa. Paikallinen hajautettu ja joustava tuotantokyky myös vähentää kriisiherkkyyttä.

Tarpeenmukaiseen paikalliseen joustaviin robotteihin ja 3D-tulostimiin perustuvaan valmistukseen liittyy myös merkittäviä riskejä. Tavaraturvallisuus ja vastuukysymykset ovat epäselviä ja hajautettu tarpeenmukainen valmistus luo myös aineettomien oikeuksien osalta uuden tilanteen, joka osittain vastaa Internetin musiikkiteollisuudelle synnyttämää haastetta. Jos jotakin suojattua tavaraa valmistetaan vaikkkapa muutama kappale sadoilla tuhansilla eri paikkakunnilla paikallisten pienten organisaatioiden toimesta, on oikeuksia vaikea puolustaa. Tuotteiden yksilöllistymisen ja tekoälyn suunnitteluosuuden kasvaessa on myös yhä vaikeampi sanoa, milloin oikeastaan on rikottu kenenkään aineettomia oikeuksia.

Käyttäjätottumukset hidastavat muutosta, mutta tarjonnan vähäisyys ja kaupan sekä palvelualan haluttomuus tarttua uusiin mahdollisuuksiin ja omaksua ne osaksi tarjontaansa on merkittävin kehitystä hidastava tekijä yhdessä teknologian keskeneräisyyden kanssa. Verkkokauppa nopeuttaa muutosta, koska se ohittaa muutoshaluttomia kanavia. Osaamisen puute erityisesti uusien avautuvien liiketoimintamallien tasolla on suuri hidastava tekijä.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Lähivalmistuksen lisääntyessä monet Suomesta lähes kadonneet toimialat palaavat takaisin. Tämä voi koskea erityisesti tekstiilialaa. Muilla aloilla ammattien painotukset muuttuvat. Tavallisiksi tehtäviksi nousevat 3D-mittaaja ja mallintaja, mallinvalintakonsultti, 3D-tulostaja tai lähivalmistaja, tulosteiden jälkikäsittelijä, tavarastailisti, raaka-ainekonsultti, tavaraohjelmoija ja robottivalmistuksen tarkastaja. Teollisen regiimin muutokseen liittyvä osaaminen on erityisen puutteellista, koska jokainen ammattikunta ja

toimiala katsoo omia tehtäviään nyt totutun rakenteen sisällä eikä liiketoimintaosaamista ole uusien teknologioiden avaamiin mahdollisuuksiin.

Muutoksen säädöstavoitteet: Muutoksen jouduttamiseksi tulisi aikaansaada julkisia, vapaita malleja tavallisimmista arkisista tavaroista paikallisten tulostuspalveluiden käyttöön. Oppilaitokset voisivat tuottaa ja tarkistaa nämä oppilastöinä. Tähän tulisi suhtautua aineettomana infrastruktuurina, kuten vaikkapa yleisradiotoimintaan tai julkiseen opetukseen ja terveydenhuoltoon. Lähivalmistuksen tuoteselosteille tulisi asettaa kohtuulliset vaatimukset, jotka eivät hankaloita toimintaa. Julkisen hallinnon tulisi valmistaa kasvava osa tarvitsemistaan tavaroista itse. Tuotevastuita tulisi selkiyttää palveluyrityksen valmistaessa asiakkaan valitseman mallin tai käyttäjän valmistaessa muiden tuottamia malleja, valmistavia laitteita ja materiaaleja yhdistellen itselleen tai muille tavaroita. Yksilöllisesti valmistettujen tavaroiden osalta mahdolliset valmistaja- ja tuotetiedot tulee perustaa digitaalisesti avoimen rajapinnan avulla pilvipalveluun ja näiden tulee näkyä erillisinä materiaalien, mallien, tulostilaitteiden ja kokonaisvastuullisen tekijän osalta.

Kansalliset erityispiirteet: Suomi on poikkeuksellisen riippuvainen tuonnista ja kotimarkkina on pieni, jolloin teollisia mittakaavaetuja on vaikea saada. Korkea koulutustaso, suuret logistiikkakustannukset ja hajautettu yhdyskuntarakenne tekevät Suomesta otollisen alueen lähivalmistuksen edelläkävijänä.

1.4 Ravinto

Arvonluontiverkoston rajaus: Tässä arvonluontiverkostossa päämäärän asemassa on ensisijaisesti ihmisten, mutta myös lemmikkieläinten ravitseminen. Kyse ei ole yksinomaan elintarviketuotannosta, vaan myös ravinnon saattamisesta nautittavaksi. Tärkeimpänä arvona ihmisten valinnoissa näkyvät maku, kustannukset ja terveellisyys. Makuun liittyvät makutottumukset ja aistihavainnot sekä sosiaalinen konteksti, kustannuksiin on liitettävä hinnan lisäksi ravinnon hankkimisen tai valmistamisen vaiva ja terveellisyyteen ruoan energiamäärä, ravinnepitoisuus ja pilaantuneisuus sekä allergeenit tai vastaavat yksilölliset ongelmat. Ravinnon on siis oltava yksilöllisesti sekä tarpeiden että halujen mukaista.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Ravintotuotanto perustuu nyt pääosin pelto- ja kasvihuoneviljelyyn sekä karjatalouteen. Nämä tuottavat teollisessa mitassa raaka-aineet elintarviketeollisuuden jalostettavaksi ja sieltä edelleen kaupan jakeluketjuun sekä suurkeittiöihin.

Haastajaregiimi perustuu kaupungeissa LED-valoilla tapahtuvaan vesiviljelyyn, proteiinikasvatukseen ja robottilähikeittiöihin sekä yksilölliseen tilausruokaan. Kun peltoviljely ja karjatalous korvataan lähikasvatuksella, saadaan tuotanto jatkuvaksi ja tarpeenmukaiseksi eikä teollista välivaihetta tarvita elintarviketuotannossa.

Led-viljely tapahtuu tavallisesti tiiviissä tilassa kasvien kasvaessa hyllyköissä. Ravinteet ohjataan juurille nesteenä ja aurinko korvataan led-valoilla, jotka viritetään tuottamaan kasvien kulloinkin tarvitsemia aallonpituuksia kasvien lehdille.

Mikäli kasvatustapaa verrataan peltoviljelyyn, tarvitaan vettä kymmeniä kertoja vähemmän eivätkä lannoitteet valu ympäristöön. Viljelyn tapahtuessa sisätiloissa, on kasvukausi ympärivuotinen ja pinta-ala esimerkiksi vain sadasosa peltoviljelystä. Mikäli energia tuotettaisiin peltoalalta aurinkopaneeleilla, saataisiin energiaa kerätyksi huomattavasti normaalia kasvukautta pitempään, mutta aurinkopaneelien ja led-valojen heikko hyötysuhde hukkaisi sekä tämän edun sekä muut valon täsmällisestä kohdentamisesta saatavat edut. Energiateknisesti voidaan kuitenkin arvioida, että peltoalan peittävien aurinkopaneelien avulla saadulla energialla voidaan helposti kasvattaa sisäviljelyssä sama määrä ravintoa kuin peltoviljelyllä saataisiin. Aurinkopaneelien ja valaisimien hyötysuhteen parantuessa sekä sisäviljelymenetelmien kehittyessä sisäviljelyn etumatka tältäkin osin kohentuu.

Proteiinitarve on vaikeasti saavutettavissa kasviksilla ainakaan ihmisten makutottumuksien kanssa samanaikaisesti. Eläinsolujen viljelyä kehitetään monin eri tavoin, ja viljellyn lihan uskotaan tulevan tavalliseksi tämän raportin tarkastelujakson lopulla. Tätä aiemmin yleistyvät kasvis- ja hyönteispohjaiset lihaa matkivat synteettiset proteiinit. Maun lisäksi aminohappokoostumus voidaan säätää sellaiseksi, että tuotteet vastaavat lihan ravintoarvoja. Keinotekoinen liha on tulevaisuudessa pääosin tuotettavissa paikallisesti lähivalmistuksen keinoin.

Elintarviketeollisuus kykenee tuottamaan valmisruokia perinteisen teollisen paradigman avulla liukuhihnalla. Nyt kokeiluvaiheessa oleva robottikeittiö toimii, kuten kokki. Se kulkee kiskoilla keittiötason suuntaisesti ja ulottuu käsillään astiakaappeihin, jääkaappiin, kuivatavarakaappiin, leikkuutasolle, liedelle ja uuniin. Näitä perinteisiä työvälineitä käyttäen robotti valmistaa ruoan, kuten kokki sen tekisi. Pisimmälle ehtineen tuotteen kerrotaan osaavan nyt valmistaa sata erilaista ateriaa ja maksavan 75 tuhatta euroa. Näyttäisi olevan ainoastaan ajan kysymys, kun robottikokki voisi valmistaa kerrostalon asukkaille näiden omien mieltymysten ja tarpeiden mukaiset ruoat murto-osalla laitoskeittiön kustannuksista. Robottikokki voisi myös tilata tarvittavat elintarvikkeet ja laskuttaa asukkaita yksilöllisesti kunkin käyttämistä raaka-aineista.

Hieman ristiriitaisena kehityskulkuna, joka tekee kehityksestä osin ennakoimatonta, valmisruokien säilöntätekniikka saattaa kehittyä radikaalisti. Vedessä umpiossa säteilytetty ruoka säilyttää joidenkin havaintojen mukaan tuoreutensa useiden kuukausien ajan normaalissa huoneenlämmössä. Mikäli prosessi todellakin säilyttää ruoan maukkauden tavallisen kuluttajan mielestä ja yleistyy, voisi verkkokaupasta tilata omiin mieltymyksiin sopivat ruoat globaalisti vaikkapa kuukauden annos kerrallaan. Ruoka voisi tulla edullisena laivarahtina ja säilytystilana toimisi mikä tahansa huoneenlämpöinen kaappi.

Tärkeimmät uudistavat arvot liittyvät yksilöllisiin tarpeisiin ja mieltymyksiin. Kehitystä vauhdittaa mahdollisuuksien lisääntyminen, mutta myös tietoisuus oman kehon tilasta ja funktionaalisen ravinnon sekä juuri omalle keholle tarpeettomien tai haitallisten aineiden vaikutuksista.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Peltoviljely on syklistä toimintaa ja se tuottaa suuren määrän elintarvikeraaka-aineita kerralla. Karjataloudessa ja kasvihuoneviljelyssä suuruuden ekonomia on myös ilmeinen ja syklisyyttäkin on jonkin verran

luonnonvalon ja karjan ravinnon sekä kulutustarpeen jakautumisen vuoksi. Suurten tilojen tehokkuus ylittää monin verroin sen, että jokaisella olisi oma pieni lehmä tai vuohi, muutamia kanoja, ja peltotilkku säilytystiloineen vuoden tarpeiksi. Suuret tilat tehoviljelyineen ja tehokasvatuksineen kuitenkin synnyttävät tarpeen teollisten elintarvikemäärien prosessointiin ja varastointiin. Tämä puolestaan luo tarpeen jakelukanaville elintarvikemyymällöineen ja laitoskeittiöineen, ja kaiken tämän rakenteen valvonnalle.

Elintarvikeketjun puhtauden valvonta, prosessoitujen elintarvikkeiden lisäaineiden regulointi ja merkintöjen valvonta ovat muuttuneet tärkeämmiksi kuin tavallisen ihmisen ymmärrys siitä, mitä kenenkin kannattaa syödä.

Elintarviketuotanto toimii tukien varassa ja regulaatioiden luomassa kehikossa. Tuet kohdistuvat käytettyihin välineisiin ja menetelmiin tulosten sijaan. Myös muu sääntely kohdistuu toimintatapoihin, joita valvotaan tulosten sijaan. Tärkeimpänä arvona on vallitsevan toimintamallin noudattaminen. Elintarvikeketjussa teollisuuden ja kaupan logistiikkaketjut ovat harvojen toimijoiden hallussa, joiden etu on, että toimintamalli säilyy nykyisen kaltaisena.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Uudet sisäviljelyn tekniikat ja robottikeittiöt ovat vasta kokeiluasteella. Teknologian kypsyminen laajamittaiseen käyttöön sopivaksi tapahtunee 2020-luvulla. Hyödyt muutoksesta liittyvät kansanterveyteen, elämän laatuun, ympäristön kestävyyteen, kriisinsietokykyyn, vaihtosuhteeseen ja työllisyyteen muiden seikkojen ohella. Yksilöllinen, makumieltymysten ja tarpeen mukainen tuore ravinto lähellä kasvatettuna ja valmistettuna on monin tavoin terveellisempää kuin vakioitu, prosessoitu ja säilötty ravinto. Sisäviljelyn ympäristöhaitat ovat myös huomattavan pienet peltoviljelyyn verrattuna.

Riskinä uusiin käytäntöihin siirryttäessä voidaan pitää nykyistä keskitettyä valvontaa. Se kangistaa ja estää muutosta luomalla pienille lähitoimijoille velvotteita, jotka on suunniteltu suurten toimijoiden tarpeisiin ja systeemisten riskien varalle. Ravinnon yksilöllistyessä tulee valvonnan automatisoitua. Pienten toimijoiden valvonta voi siirtyä yrittäjää työllistävien prosessien sijaan kuluttajien ilmoitusmenettelyiden sekä yrittäjän vakuutusturvan ja itsevalvonnan varaan, pistemäisien riskien tasolle.

Muutosta hidastaviin tekijöihin kuuluu tottumus kaupassakäyntiin ja vaihtoehtoisen jakelukanavan puute. Elintarvikeketjun voimakas integroituminen ja sen sisällä tapahtunut virtaviivaistuminen vaikeuttaa rakenteen vähittäistä muutosta. Muutosta voi toisaalta nopeuttaa lähiruoan ja erityisruokavalioden luonne osana omaa identiteettiä sekä ravinnon kasvattaminen ja valmistus osana omaa elintapaa.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Nousevia uusia ammatteja ovat uudessa toimintamallissa kaupunkiviljelijä, lajike ja ravinneoptimoija, elintarvikevakuutusasiamies, sisäviljelmätarvikekauppias ja sisäviljelmäasentaja, ravintoyksilöllistäjä tai aineenvaihdunta-analyytikko, robottiravintoloitsija, etäkokki, kypsymisaikatauluttaja, keinolihakasvattaja ja elintarvikehuolitsija. Uudet tehtävät poikkeavat olennnaisesti nykyisistä ravintoterapeutin, maanviljelijän, torikauppiaan ja ravintoloitsijan tehtävistä ja tehtävien määrä lisääntyy näihin verrattuna, mutta vastaavasti vähenee nykyisen elintarvikeketjun tehtävistä.

Muutoksen säädöstavoitteet: LED-viljelyn tutkimusta ja opetusta tulisi laajentaa merkittävästi ja viranomaisohjeistus sekä rakennusten kunnon, että elintarvikkeiden laadun varmistamiseksi on tarpeen. Keinotekoinen viljelty liha on määriteltävä kasvikseksi, GMO-ruoka tulisi sallia nykyistä helpommin, LED-viljely tulisi säätää muun viljelyn kanssa tukineutraaliksi ja suosia sitä huoltovarmuussyistä varastointitarpeen keventymisen vuoksi. Pientuotannon esteitä ja rasitteita tulisi karsia alustatalouden keinoin synnyttämällä esimerkiksi julkisia robotisoitua logistiikkaa hyödyntäviä digitaalisia kauppapaikkoja sekä saattamalla pientuotanto enemmän kotitalouden oman ruokatuotannon kanssa verrannolliseksi. Robottiyhteiskeittiöiden kokeilutoiminta tulisi käynnistää ja toiminnalle luoda roolit ja vastuurajat sekä luonnokset kaavamääräyksiin robottiyhteiskeittiöitä varten.

Kansalliset erityispiirteet: ???

1.5 Energia

Arvonluontiverkoston rajaus: Tavoite on tuottaa energiaa käyttövoimaksi tarpeen mukaan. Tämä tarkoittaa siis sekä primäärienergian tuottamista, että sen jalostamista, varastointia ja jakelua erilaisiin käyttötilanteisiin. Sekundäärienergian käyttö ei varsinaisesti kuulu tähän tarkasteluun vaan koneiden tekemään työhön, mutta sekundaarienergian muotoon ja tarpeeseen sekä arvostukseen laajasti vaikuttavilta osin asia liittyy tähän.

Tärkeimmät arvot liittyvät kustannuksiin, toimitusvarmuuteen ja sosiaaliseen hyväksyttävyyteen. Energiamuotojen erilaiset hyötysuhteet, varastointitarpeet ja jakelukustannukset vaikuttavat sekä yksilön että yhteiskunnan tasolla päätöksiin. Energian käyttöön liittyvät ulkoishaitat riippuvat tuotantotavoista ja valituista energiamuodoista. Yhteiskunnan tasolla nämä vaikuttavat energiatuotannon ja kulutuksen sosiaaliseen hyväksyttävyyteen. Toimitusvarmuuden tarve johtaa varautumiskustannuksiin monissa kriittisissä energiatarpeissa.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Energiahuolto perustuu nykyisin enimmäkseen fossiilisiin polttoaineisiin ja ydinvoimaan, primäärienergian keskitettyyn jalostukseen teollisuudessa sekä jakeluun sähkön ja lämmönjakeluverkkojen kautta.

Uusiutuvat energianlähteet ja uudet energian varastointitekniikat haastavat perinteisiä ratkaisuja yhä laajemmin. Aurinkoenergian hyödyntäminen paikallisessa sähkön ja lämmöntuotannossa muuttuu jatkuvasti edullisemmaksi ja tulee arvioiden mukaan useimmilla alueilla globaalisti alittamaan kilpailevien energiamuotojen tuotantokustannukset.

Aurinko- ja tuulienergian muuttaminen polttokennoissa käytettäviksi nesteiksi lupaa ratkaista varastointiongelman ja polttokennojen kehitys mahdollistaa sen tehokkaan käytön sähköksi ja lämmöksi paikallisesti. Tämä voi tehdä sähköverkon osin tarpeettomaksi.

Aurinkosähkön tuotantokustannus on laskenut noin 15% aina asennetun kannan kaksinkertaistuessa. Tämä kehitys koskee erikseen perinteisiä aurinkopaneeleja ja

uutta ohutkalvotekniikkaa. Ohutkalvotekniikalla sähköntuotanto-ominaisuuden voi laminoida osaksi rakennusten pintamateriaaleja. Näyttää täysin mahdolliselta, että aurinkosähkön tuotantokustannus on vain neljäsosa nykyisestä 20 vuoden kuluessa. Tällöin se alittaa radikaalisti kaikkien fossiilisten energiamuotojen kustannukset.

Akkuteknologia kehittyy nopeasti. Energiatiheys saattaa jo 2020-luvulla moninkertaistua nykyisiin akkuihin verrattuna, varastointikustannus laskea suurissa energiavarastoissa 20-30 euroon kilowattituntia kohden, kestävyys ylittää 10 tuhatta lataus/purkusykliä ja latausnopeus laskea kymmenesosaan nykyisestä. Uudet edulliset akkumateriaalit, nopeasti kasvavat tuotekehityspanokset ja laaja joukko tutkimuslaboratorioissa havaittuja teoreettisia ja kokeellisia läpimurtoja tekevät ennusteesta melko selkeän. Akkujen erilaiset hyvät ominaisuudet johtavat nykyistä erikoistuneempaan akkutarjontaan ja nykyistä radikaalisti laajempaan akkujen hyväksikäyttöön ainakin kiinteistöissä, liikenteessä, robotiikassa ja sähköverkoissa.

Paikallinen aurinkolämmön varastoinnin merkitys erityisesti maalammön hyväksikäytön yhteydessä voi olla tulevaisuudessa merkittävä, kun aurinkoenergian osuus kasvaa ja paine energian varastointiin ja kulutuksen säätöön kasvaa. Energiansaannin varmistaminen talviaikaan voi myös suosia paikallisia leijaenergialla toimivia pienvoimaloita erityisesti haja-asutusalueilla.

Polttokennot tuottavat polttonesteistä, kaasuista ja kiinteistä aineista sähköä ja lämpöä kemiallisten reaktioiden avulla. Raaka-aineena voi olla esimerkiksi vety, metaani, metanoli tai erilaiset suolat, hapot ja metallit. Polttokennojen hintojen arvellaan jatkavan laskuaan ja niiden markkinoiden arvioidaan käytön laajetessa kymmenkertaistuvan seuraavan vuosikymmenen aikana ja jatkavan nopeaa kasvua senkin jälkeen. Polttokennoja käytetään paikalliseen energiantuotantoon. Hyötysuhde on korkea ja laitteet ovat äänettömiä. Ne skaalautuvat hyvin pieneen kokoon mahdollistaen esimerkiksi kotitalouksien lämmityksen ja sähköntuotannon.

Polttokennojen hyödyllisyys korostuu, mikäli sellaiset aurinkopaneeliteknologiat ja sähkökemialliset teknologiat kypsyvät, joiden avulla aurinkoenergia ja tuulienergia saadaan muutettua helposti varastoitavaan ja polttokennoissa käyttökelpoiseen muotoon. Laboratoriotasolla niinsanottuja MOF-materiaaleja käyttäen on jo saavutettu tuloksia, joissa jopa 20% paneeliin osuvasta aurinkoenergiasta muuttuu suoraan polttonesteeksi ilman hiilidioksidin ja veden toimiessa raaka-aineina.

Pääasialliset kehitystä edistävät arvot ovat liittyneet ilmastonmuutoksen hidastamiseen, riippumattomuuteen sähköverkosta ja kokeiluhenkeen. Jatkossa kustannustietoisuus ja toimintavarmuus voivat tulla uusiksi kehityksen ajureiksi.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Suomen mittakaavassa energian kulutus vuonna 2016 oli Tilastokeskuksen tietojen mukaan 371 terawattituntia, josta sähkön osuus oli 85TWh. Loppukäytöstä teollisuuden osuus oli 45%, rakennusten lämmityksen osuus 26% ja liikenteen osuus 17%. Fossiilisten polttoaineiden osuus kokonaiskulutuksesta oli 38%, uusiutuvan energian osuus 34% ja ydinenergian osuus 18%. Energiatuotteita tuotiin Suomeen 7.2 miljardin euron arvosta ja vietiin 3.9 miljardin euron arvosta. Metsäteollisuuden sivuvirtojen, kuten hakkuujätteen ja mustalipeän osuus energiatuotannossa on huomattava.

Teollisuus käyttää valtaosan sekä polttoaineista että sähköstä. Teollisuuden lauhdelämpö pyritään käyttämään kaukolämpönä. Sähkö tuotetaan keskitetysti ja jaellaan siirto- ja jakeluverkoissa. Yksikkökohtainen siirtokustannus on teollisuudelle huomattavan alhainen verrattuna muiden yritysten ja kotitalouksien maksamiin siirtohintoihin. Toimitusvarmuus pyritään takaamaan monimutkaisella sähkömarkkinajärjestelmällä, joka kannustaa ylläpitämään harvoin tarvittavaa säätövoimaa ja leikkaamaan kulutushuippuja.

Sähkömarkkina on voimakkaasti reguloitu, ja alueellisten siirtoverkko-operaattoreiden hinnoittelu on kustannusperustaista. Operaattorit eivät saa osallistua sähkön myyntiin ja heidän on järjestettävä sähkön siirto alueellaan. Sähkön siirtohinta on vakioitu ja siirtokustannus on alueella käytännössä sama riippumatta siirtolinjan aiheuttamasta kustannuksesta. Sähkövero on sidottu siirtomäärään ja yhdessä siirtohinta ja vero voivat olla yli 60% kuluttajan maksamasta sähkön hinnasta. Sähkön tuotanto on kilpailtua, mutta osa tuotantomuodoista on tuettuja ja osa luvanvaraisia.

Nykyinen valtavirta on rakennettu keskitetyn tuotantorakenteen ja vientiteollisuuden edullisen energian turvaamiseksi. Alueellisen ja asuinpaikasta riippumattoman kustannustason turvaaminen sähköverkon ja keskitetyn tuotannon keinoin on säädetty oikeudeksi. Energian varastoinnin insentiivit on jätetty heikoiksi, kun varastointi on estetty siirtoverkko-operaattoreilta ja käyttäjien hyöty on minimoitu veron määräytymisperusteen avulla. Nykyinen ohjaus ei ole millään tavoin teknologianeutraali ja se estää tehokkaasti muutosta.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Aurinkoenergian ja akkuteknologian nopea hinnanlasku laskee energiakustannuksia erityisesti niissä maissa, joissa aurinkoenergian saatavuus on verrattain säännöllistä. Harvoissa ja harvaanasutuissa pohjoisissa maissa, kuten Suomessa, hyödyt eivät ole niin suuria kasvavien varastointikustannusten vuoksi. Tämä johtaa edullisista suhteellisista energiakustannuksista hyötyneen suomalaisen teollisuuden kilpailuedun heikkenemiseen riippumatta siitä, käytetäänkö Suomessa aurinkoenergiaa vai ei. Uusiutuvien energiamuotojen edellytykset myös täällä paranevat ja energiaraaka-aineiden ja energian tuontitarve vähenee.

Maalämmön, aurinkoenergian ja polttokennojen laajeneva käyttö vähentää keskitetyn energiatuotannon sekä siihen liittyvän sähkön- ja lämmönjakelujärjestelmän merkitystä. Kiinteistökohtainen tuotanto välttää sähköverkon kustannukset, jos se huolehtia energian varastoinnista paikallisesti. Tämä saattaa vähentää keskitetyn infrastruktuurin tarvetta sekä siihen liittyviä kustannuksia ja haavoittuvuuksia erityisesti haja-asutusalueilla. Huoltovarmuus kaikkineen paranee ja kriisiherkkyys vähenee.

Robotisaatio ja liikenteeen sähköistyminen sekä siirtyminen sisäviljelyyn kasvattavat olennaisesti sähkön osuutta energian kulutuksessa. Toisaalta teollisuuden siirtyminen edullisemman energian perään saattaa vähentää teollisuuden käyttämän sähkön määrää. Riskeihin kuuluvat mm. suuret alaskirjaustarpeet energiatuotantoon ja jakeluun liittyvissä rakenteissa, kotitalouksien mahdolliset polttoainevarastot ja muutosten hidastaminen valtapoliittisista ja opportunistisista syistä. Riskiä kasvattaa

se, että energia-investointien jaksotus yritysten kirjanpidoissa ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin niiden kannattavuutta voi ennustaa. Energiatuotannon ja jakelun kannattavuus on isoissa kysymyksissä hallinnollisista päätöksistä riippuva asia.

Muutosta hidastaviin asioihin kuuluvat lisäksi ihmisten odotus siihen, että sähkö tulee töpselistä, politiikan ajoittainen epärationaalisuus ja tunnepitoisuus.

Muutos asettuu toiseen valoon, mikäli sarjavalmistetut pienet ydinvoimalat tulevat käytännöllisiksi ja niiden luvituskäytännöt sallivat tehokkaan ydinvoiman hajautuksen. Tämäkään ei kuitenkaan estä edellä ennustettua hajautuksen suuntaista muutosta tapahtumasta alueilla, joilla pelkkä sähkön jakelu keskitetystä tuotannosta on kalliimpaa kuin sen paikallinen tuottaminen.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Uusia muutoksesta seuraavia tai kasvavia ammatteja ovat esimerkiksi lähienergia-asentaja, energia-kaukosäätäjä, energiavarastoinnin ennakoija, polttokennokauppias, polttoainejakelija, off-grid -huoltotarkastaja, aurinkopaneelisiivooja ja energiaromun kierrättäjä. Energiaosuuskuntien toimihenkilöiden ja energianeuvojien määrän voi myös uskoa nousevan ja energia-alan osaamistarpeen muuttuvan täysin nykyiseen verrattuna.

Muutoksen säädöstavoitteet: Sähkön myynti tulisi sallia valtakunnallisesta sähköverkosta riippumatta ja pienten yhdyskuntien sisäisiä verkkoja hyväksikäyttäen. Tällaisia mikrogrid-ajatteluun perustuvia sähköosuuskuntia varten tulisi säätää kokeilulaki. Sähkön yhteiskäyttö ja vaihdanta tulisi näissä mahdollistaa vertaistoimintana jakamistalouden tapaisissa rakenteissa. Leijaenergia tulisi sallia aluksi kokeilumuodossa ja erottaa muiden ilma-alusten käsittelystä. Energia-varastot tulisi sallia osana siirtoverkko-operaattorin toimintaa. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi siten, että käyttäjä vuokraa varastotilaa sitä tarvitessaan sähkön ollessa edullista ja käyttää sähkövarastoa silloin, kun sähkön hinta on korkea tai kapasiteettiraja on ylittymässä. Kotitalouksien polttonesteiden valmistukseen ja säilytykseen sekä polttokennojen käyttöön liittyvä sääntely tulisi tarkistaa. Energia-alan poistokäytännöt tulisi valvoa siten, että poistoajat eivät ulotu lain sallimaa kannattavaa käyttöikää etäämmälle, ja että asiassa noudatetaan kirjanpitolain määräämää erityistä varovaisuutta. Siirtoverkko-operaattoreille tulisi myös säätää puhelinverkon roaming-toiminnan kaltainen velvoite siten, että pistorasian vapaaehtoinen lainaaminen tulisi mahdolliseksi. Lainaaja voisi pyytää siirtämään ilmoittamansa määrän sähköä pistorasian omistajan laskulta omalle laskulleen. Tällöin toisiinsa riittävästi luottavat toimijat voisivat ilman hallinnollisia ongelmia käyttää toistensa pistorasioita. Tämä helpottaisi erityisesti sähköautojen ja liikkuvien robottien leviämistä.

Kansalliset erityispiirteet: Suomen pohjoinen asema ja muut luonnonolosuhteet sekä harva asutus ja laaja raskas teollisuus vaikuttavat monella tavalla meidän energiaratkaisuihimme.

http://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04_2017-03-23_tie_001_fi.html

1.6 Raaka-aineet

Arvonluontiverkoston rajaus: Tavaranvalmistuksessa, kemianteollisuudessa ja rakentamisessa käytettyjen raaka-aineiden saanti on tämän arvoverkon tavoite. Rajauksen ulkopuolelle jäävät elintarvikeet ja energiaraaka-aineet, mutta elintarviketuotannon raaka-aineet, kuten lannoitteet kuuluvat tavoitteisiin.

Tärkeimpinä arvoina ovat raaka-aineiden kustannustehokas saanti, ympäristövaikutukset ja raaka-aineiden riittävä laatu. Mikäli tuotanto on hyvin pääoma- tai henkilövaltaista, ovat keskeytykset kalliita ja raaka-aineiden saanti tulee turvata. Ympäristövaikutuksiin luetaan sekä raaka-aineiden tuotannosta, että käytöstä aiheutuvat mahdolliset haitat. Toiminnallisiin ominaisuuksiin lasketaan valmistuksen, käytön ja kierrätyksen näkökulmat.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Nykyinen valtaregiimi nojautuu pääosin kaivannaisteollisuuteen, metsäteollisuuteen ja muuhun energiaintensiiviseen suurten raaka-ainevirtojen prosessiteollisuuteen ja massavalmistukseen. Haastajaregiimi tarjoaa näiden tilalle uusiutuvia ja tehokkaampia materiaaleja, kiertotaloutta, alhaisen lämpötilan prosesseja, kehittyneitä rakenteita ja tarpeen mukaista, tekoälyn ohjaamaa pienuuden ekonomiaa.

Grafeeni erilaisine variaatioineen on esimerkki uusien materiaalien mahdollisuuksista. Sillä voidaan jo nyt laboratoriossa korvata kaikkien harvinaisten metallien pääasiallinen käyttötarkoitus kultakoruja lukuun ottamatta. Nanohiilet ovat ideaalimuodoissaan paljon terästä lujempia. Ne soveltuvat käytettäväksi periaatteessa kaikilla teollisuuden aloilla ja hyvin monissa eri tarkoituksissa. Kyse on hiilen allotrooppisista muodoista. Raaka-aineena niille voi toimia esimerkiksi ilmakehän hiilidioksidi. Teoriassa valmistuskustannus on mahdollista saada perinteisten teollisten raaka-aineiden tasolle jopa rakennusteollisuuden ja raskaiden sarjavalmisteiden rakenteissa.

Nanosellu tarjoaa monia grafeenin kaltaisia ominaisuuksia, mutta sen valmistuksessa raaka-aineena on selluloosa. Luonto tuottaa hyvin monia muitakin raaka-aineiksi soveltuvia materiaaleja ja luontoa matkimalla voidaan esimerkiksi tuottaa huomattavasti vetolujuudeltaan terästä vahvempia ja kevlaria sitkeämpiä kuituja. Bioteknologian avulla on myös mahdollista ravinneliuoksissa saada bakteerit ja homeet tuottamaan valmiiseen muotoon raaka-aineita ja materiaaleja huoneenlämmössä, jotka vastaavat lujuudeltaan kovimpia ja sitkeimpiä materiaaleja.

Uudet tavat käsitellä raaka-aineita tuottavat erittäin keveitä ja lujia rakenteita. Esimerkkinä mainittakoon alumiinivaahto. Myös 3D-tulostuksen avulla voidaan luoda kennomaisia rakenteita ja laminaatteja, joiden toiminnalliset ominaisuudet ylittävät tunnetut materiaalit selvästi ja käyttäen joko vain vähän tai ei lainkaan kaivannaisteollisuuden raaka-aineita tai suuria energiamääriä. Uusien kuitujen ja ligniinin kaltaisten uusiutuvien sideaineiden avulla lienee mahdollista vähentää betonin ja asvaltinkin kaltaisten kaivannaisten käyttöä jo tämän raportin tarkastelemalla aikajaksolla ja lopulta eliminoida kaivannnaisteollisuus kokonaan.

Tekoäly, robotiikka ja materiaaleja tunnistavat sensorit mahdollistavat tehokkaan kierrätyksen nykyisten teollisten symbioosien ja kotitalouksien kierrätysastioiden ulkopuolella. Robotit voivat kulkea ihmisen ympäristössä ja kerätä kulloinkin tarpeellisia raaka-aineita esimerkiksi kaatopaikoilta. Valtamerille on jo suunniteltu aurinkoenergian avulla kulkevia autonomisia aluksia, jotka keräävät ja puristavat kokoon meressä ajelehtivia muoviroskia. Tästä keräilymuovista on jo valmistettu rakennusharkkoja, kattotiiliä ja kokonaisia rakennuksiakin.

Tärkeimmät uudistavat arvot liittyvät ympäristönsuojeluun, prosessien tehostamiseen ja raaka-aineiden sekä prosessien kilpailukyvyn taloudelliseen parantamiseen, mutta myös uudenlaisten tuoteominaisuuksien mahdollistamiseen.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Nykyinen teollinen ja logistinen infrastruktuuri on rakennettu kuljettamaan massiivisia raaka-ainevirtoja kaivosteollisuuden ja öljyteollisuuden lähteiltä jalostamoihin ja tuotantolaitoksiin sekä sieltä edelleen kokoonpanolinjoille ja jakeluun. Junien, laivojen ja rekkojen virta kulkee tämän rakenteen palveluksessa. Merkittävä osa tarvittavista rakenteista on yhteiskunnan pitkän aikavälin panostuksen tulosta. Ammattioppilaitokset ja talouden päättäjät myös opettavat näitä rakenteita ja huomiotalouden keinoin niiden tapahtumille annetaan myös paljon media-aikaa.

Hajautettuja, kiertotaloutta, uusia raaka-aineita ja biologisia prosesseja hyväksikäyttäviä raaka-aineiden ja tuotannon malleja opetetaan huomattavasti niukemmin resurssein kuin perinteisiä oppeja. Niitä tukevat rakenteet ja regulaatiot ovat vähäisiä. Osa sääntelystä jopa estää uusia kestävämpiä menettelyitä, koska määräykset on laadittu vanhoja materiaaleja sekä niiden raaka-ainevahvuuksia silmällä pitäen.

Tärkeimmät valtavirtaa säilyttävät arvot liittyvät vienti- ja aluepolitiikkaan, joihin liittyvät käytännöt on suunnattu olemassaolevia tuotannon rakenteita vahvistamaan.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Metallien ja kemianteollisuuden kaivannaisten haitat ovat merkittäviä kaikista luontoa ja energiaa säästävistä toimista huolimatta. Tämä koskee sekä kaivamista että erotustekniikaa ja muuta jalostusta. Näiden raaka-aineiden korvaaminen luontoa ja ihmisen elinympäristöä vähemmän kuormittavilla materiaaleilla on tavoittelemisen arvoista.

Monien uusien materiaalien ja prosessien rakenne vaatii perinteisiä keinoja vähemmän pääomia. Lisäksi helpomman hajautettavuuden ansiosta massiivista raaka-ainelogistiikkaa voidaan vähentää. Uudet materiaalit ovat myös monin tavoin vanhoja parempia ja saattavat parantaa tuotteiden kilpailukykyä muidenkin kuin luontoarvoja edistävien asiakkaiden silmissä. Monet uudet raaka-aineet ovat paikallisesti valmistettavissa tai löydettävissä, joka vaikuttaa myönteisesti kauppataseeseen ja työllisyyteen.

Riskinä on nähtävä investointien ja osaamisen sidonnaisuus nykyisiin raaka-aineisiin ja materiaalivirtoihin, joka voi aiheuttaa laajoja alaskirjaustarpeita ja rakenteellista työttömyyttä, mikäli muutos globaalissa kysynnässä on nopea. Teollisuus on jopa

työntekijöiden indentiteetin tasolla sidoksissa käyttämiinsä materiaaleihin ja saattaa kieltäytyä havaitsemasta muutosta, kuten paperiteollisuuden murroksessa tapahtui.

Prosessiteollisuuden investoinnit ovat tyypillisesti suuria ja hyvin pitkäkestoisia. Suomessa yhteiskunta tukee nykyistä toimintamallia sekä koulutuksen, infrastruktuuri-investointien että vientiponnistelujen tasolla, mutta myös teollisen halvan energian kautta. Tämä hidastaa muutostarpeen havaitsemista.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Muutos synnyttää esimerkiksi seuraavia uusia ammatteja: Biomateriaalikasvattaja valmentaa bakteereja ja hiivoja geenimuuntelun avulla tuottamaan uusia materiaaleja ja rakenteita. Nanopintainsinööri ja nanokuituinsinööri suunnittelevat uusia materiaaleja ja niiden valmistustapoja sekä käyttösovelluksia. Nanohiilirakenteiden suunnittelija ja MOF-suunnittelija ovat vastaavia materiaalirakenteiden suunnittelijoita erityistarpeisiin. Erotusteknikoiden ja kierrätysteknikkojen määrä kasvaa voimakkaasti ja osaaminen poikkeaa nykyisestä olennaisesti teknisempään suuntaan. Raaka-ainetarpeen analyytikko selvittää, mitä raaka-aineita kulloinkin kannattaa käyttää, ja raaka-ainevalikoiman ja valmistustapojen moninaistuessa sekä yksilöllisen tuotannon lisääntyessä tämä tarve tulee kasvamaaan nopeasti.

Muutoksen säädöstavoitteet: GMO-materiaalituotannon säädöstarve tulisi tarkistaa. Betonin ja raudan korvaaminen uusilla rakennusmateriaaleilla tulisi tehdä helpommaksi. Kaivannaisten hyödyntäminen tulisi siirtää tuloista tase-eräksi ja osoittaa kansantalouden laskelmissa tulojen rinnalle vähentävänä eränä olemassaolevan varannon väheneminen ja ulkoishaitat sekä vakuudettomat vastuut. Materiaalivaatimukset tulisi saattaa toiminnallisiksi kauttaaltaan sen sijaan, että säädöksissä mainitaan varsinaiset materiaalit. Kierrrätysmateriaalien käyttäjät tulisi määrätä haittamaksujen vastaanottajiksi.

Kansalliset erityispiirteet: Suomi on poikkeuksellisen riippuvainen tässä valtaregiiminä kuvatuista menettelytavoista ja niihin perustuvasta vientiteollisuudesta. Tämä saattaa vaikeuttaa muutokseen reagointia, mutta koska kyse on globaalista muutoksesta, kysyntätilanne saattaa yksittäisillä aloilla laskea yhtä nopeasti kuin paperiteollisuudelle vuosituhannen vaihteessa tapahtui.

1.7 Rakennettu ympäristö

Arvonluontiverkoston rajaus: Tämän arvonluontiverkoston päämääränä on se, että ihmisillä, eläimillä, laitteilla ja kasveilla on sijainniltaan ja olosuhteiltaan liikkumiseen ja toimintaan sopivat tilat. Tilojen ja väylien suunnittelu, rakentaminen, kunnossapito ja purkaminen kuuluvat rajauksen piiriin, kuten myös tiloihin liittyvä talotekniikka ja väylien tekniikka.

Tärkeimmät arvot toiminnassa ovat norminmukaisuus, sijainti ja kustannus. Normeihin liittyvät erilaiset kaavat ja rakennusmääräykset sekä kunnossapitiin liittyvät säädökset. Kaavat ovat tavallisesti pitkällisen valmistelun ja poliittisen päätöksenteon sekä hyvin monenlaisten arvojen yhteensovittelun tulosta. Tilojen

sijainti maantieteellisesti ja suhteessa liikenneväyliin vaikuttaa arvoon merkittävästi siten, että rakennetut tilat ovat arvokkaimpia siellä, missä niitä on eniten. Kustannuksissa siirrytään kohti elinkaariajattelua, jolloin tilojen ja väylien käyttöikä ja kunnossapidon kustannukset pyritään ottamaan päätöksenteossa huomioon.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Rakennettu ympäristö muuttuu verrattain hitaasti ja lähes kaikki nyt rakennetut tilat ja väylät ovat edelleen käytössä vuonna 2037. Pääosa lähitulevaisuudessakin rakennettavista tiloista ja väylistä tehdään jo nyt voimassa olevien kaavamääräysten ja rakennusmääräysten mukaan. Rakentamisen ja kunnossapidon tapa ja tilojen sekä liikenneväylien käyttö saattavat kuitenkin muuttua merkittävästi jo vuoteen 2037 mennessä.

Rakentaminen on ollut varsin henkilövaltaista, mutta robotisaation myötä valu, muuraaminen, maalaaminen, materiaalien siirtäminen ja monet asennus- sekä viimeistelytehtävät voidaan automatisoida. Rakennusten 3D-tulostimet, robottimuurarit ja robottimaalarit ovat kokeiluvaiheessa. Kunnossapidon tehtäviä robotisoidaan myös alkaen nurmien leikkauksesta ja lattiapintojen siivouksesta. Automaatio etenee katujen ja teiden kunnossapitoon sekä vaativampiin tehtäviin.

Liikenteen kehittyminen vaikuttaa sekä väyliin, tilojen tarpeeseen, että niiden sijoitteluun. Hyperloop saattaa yhdistää keskuksia satojen kilometrien etäisyyksillä yhtä tehokkaasti kuin metro nyt kaupunkien lähiöitä. Liikenteen robotisaatio voi yhdessä jakamistalouden kanssa tehdä liikkumisen palveluna niin joustavaksi, ettei lähiöissä ja haja-asutusalueillakaan enää koeta omistusautoa tarpeelliseksi.

Kehityksellä on radikaali vaikutus matkaketjuihin, jotka voivat koostua esimerkiksi robottiautosta, metrosta, hyperloopista ja sähköpyörästä. Kaupunkien keskustat voidaan nykyistä helpommin määrätä autoista vapaiksi ja parkkitilat ottaa muuhun käyttöön.

Asuinrakentamisessa tilat on suunniteltu nukkumista, televisiokeskeistä oleilua ja ruoan valmistusta sekä henkilökohtaista hygieniaa silmällä pitäen. Robottikeittiöt ja virtuaalitodellisuus sekä sisäviljely muuttavat tilojen tarvetta melko nopeasti. Robottikeittiö saattaa johtaa yhteiskeittiöiden yleistymiseen ja sisäviljelmät saattavat vallata tyhjiksi jäävät parkkihallit. VR- ja AR-lasit toisaalta tekisivät ikkunattomat pehmustetut huoneet hyödyllisiksi. Asuintilojen lisäksi niin kaupan ja palveluiden kuten valmistuksen tilantarpeet tulevat kokemaan radikaaleja muutoksia sekä sijainnin että käyttötarkoituksen ja liikennetarpeen osalta.

Uudet rakennusmateriaalit muuttavat rakennukset energian tuottajiksi ja sallivat lujia hyvin kevyitä ja eristäviä rakenteita. Rakennusautomaatiossa siirrytään liikkuvien yleiskäyttöisten ja ympäristöään jatkuvasti valvovien robottien kautta tilanteeseen, jossa vanhatkin rakennukset saadaan yksinkertaisesti rakennusautomaation piiriin.

Tärkeimmät uudistavat arvot ovat systeeminen tehokkuus, yksilöllisyys, elämyksellisyys, vaivattomuus ja palveluiden läheisyys.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Kiinteistö- ja rakennusala työllistää noin 300 tuhatta ihmistä Suomessa. Rakennettu ympäristö muodostaa noin 70% kansallisvarallisuudesta ja rakennusinvestoinnit vastaavat noin kahta kolmasosaa vuosittaisista kiinteistä investoinneista. Rakentamisen ja rakennusten osuus energiankäytöstä on noin 40%. Rakentaminen on erittäin tiukasti normitettu ja poliittinen päätöksenteko ohjaa rakentamista sekä sallittujen paikkojen että käyttötarkoitusten ja väylien, mutta myös materiaalien ja ulkonäön osalta.

Väylien rakentamisesta päättävät pääosin kunnat ja valtio, jotka myös vastaavat verovaroin väylien kunnossapidosta. Käytännön toteuttajina toimivat julkisyhteisöjen omistamat laitokset ja yksityiset urakoitsijat. Rakentaminen ja kunnossapito tapahtuvat toistaiseksi perinteisin keinoin ihmisen ohjaaman konevoiman avulla ja perinteisiä materiaaleja käyttäen.

Rakennuskanta syntyy sallituille paikoille omistus- ja vuokratonteille osin julkisesti ja osin yksityisesti rahoitettuna. Rakentajat ja rakennuttajat näkevät vaivaa saadakseen luvan rakentaa houkutteleviin sijainteihin. Myös rakennuskustannuksiin kiinnitetään huomiota. Useimmat asiakkaat eivät kykene arvioimaan elinkaarikustannuksia, joten hankintahinta, sijainti ja tilojen sopivuus käyttötarkoitukseen ovat päätavoitteita. Rakentamisen laatu määräytyy pääosin viranomaisen toimesta. Muuttoliike suuriin kaupunkeihin kasvattaa arvoeroja jatkuvasti. Muuttotappiokunnissa rakennukset saattavat olla hyvinkin halpoja, kun Helsingissä vanhojenkin rakennnusten arvo voi jatkuvasti nousta liikenneväylien ruuhkaisuudesta huolimatta.

Suurin osa rakentamiseen liittyvästä työstä suoritetaan rakennuspaikalla ja automaation osuus on hyvin vähäinen lukuun ottamatta rakennusteknisiä komponentteja, kuten LVIS-tekniikkaa ja erilaisia rakennuselementtejä. Rakennusvirheet ovat tavallisia ja erityisesti kosteusvauriot aiheuttavat merkittäviä kustannuksia ja haittoja.

Tärkeimpiä valtaregiimin käytäntöjä säilyttäviä arvoja ovat autoiluriippuvuus, tottumus vanhoihin käytäntöihin, riskinottohaluttomuus, sijainnin ja hankintahinnan merkitys sekä normatiivisuus.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Mikäli henkilöautoriippuvuus olennaisesti vähenisi, voisi kaupunkirakenne tiivistyä ja liikkuminen järkevöityä. MaaS-tyyppinen liikkuminen tehostaa väylien käyttöä, nopeuttaa liikkumista ja vapauttaa parkkialueet muuhun käyttöön ja mahdollistaa palveluiden tiheämmän sijoittelun.

Etäläsnäolon keinot vähentävät liikennetarvetta, ja parantavat tältä osin väylien sujuvuutta, mutta vähentävät kohtauspaikkoina käytettyjen tilojen merkitystä. Etäläsnäolo, robotiikka ja hyperloopin sekä henkilölennättimien kaltaiset ratkaisut helpottavat haja-asutusalueilla asumista. Työssäkäyntialueen ja asiointialueen laajeneminen matka-aikojen vähetessä ja etätyön entisestään helpottuessa kasvattaa kansantuotetta ja tasaa rakennuskannan arvoeroja maan eri osissa.

Rakentamisen ja kunnossapidon automatisoituminen synnyttää merkittävän työllisyysriskin. Materiaalien monimutkaistuminen ja rakentamiseen osallistuvien robottien hankinta voi myös johtaa vaihtosuhteen heikkenemiseen, mikäli robotit ja

uudet materiaalit hankitaan tuontina ja niillä korvataan kotimaista työtä ja materiaaleja.

Muutoksesta puhuttaessa on korostettava, kuinka hitaasti koko rakennuskanta ja väylästö muuttuvat, ja kuinka konservatiivisesta alasta on kysymys. Toisaalta kannattaa muistaa sähköistymisen ja sisävessojen yleistyminen. Nykyään ne ovat vakiovarusteita myös rakennuksissa, joiden alakerros sata vuotta sitten oli varattu hevosille. Käyttötarpeet muuttuvat nyt nopeammin uusien mahdollisuuksien avautuessa ja saneeraustarve tulee siksi olemaan hyvin laajamittaista.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Uusia ja kasvavia ammatteja tulevat olemaan esimerkiksi kiinteistövalvomomestari, rakentajarobottiasentaja ja -ohjaaja, robottirakennusmateriaalisäätäjä, robottirakennusmestari, -valvoja ja -arkkitehti, kunnossapitokauko-ohjaaja ja kunnossapitorobottivalmentaja.

Muutoksen säädöstavoitteet: Rakenteille tulisi saada yksilölliset tunnisteet, joiden avulla niiden sijainti, koostumus ja muut tiedot löytyvät pilvipalvelusta. Rajapinnan tulisi olla avoin ja ylläpidetty koko elinkaaren ajan suunnittelusta purkutoimiin. Tietojen tulisi olla robottiluettavassa muodossa. Esteettömyysmääräykset tulisi uudistaa robottiavusteista liikkumista ja robottien suorittamaa kunnossapitoa silmällä pitäen. Kunnossapitorobottien liikkuminen ja työ tulisi mahdollistaa. Ikkunoihin liittyvät määräykset tulisi muuttaa siten, että luonnolliset ikkunat voidaan korvata näyttöpinnoilla. Aurinkopaneelien käyttö pintamateriaaleina tulisi sallia ja sitä rajoittava kaavoitus estää. Sisäviljelyn vaikutukset rakennuksiin tulisi selvittää. Kaavoituksessa tulisi huomioida robottiliikenne palveluna ja sen supistava vaikutus autokantaan sekä mahdollisuus kasvattaa kevytliikennevälineiden käyttöä ja väylästöä autoriippuvuuden vähentyessä.

Kansalliset erityispiirteet: ?

https://kti.fi/wp-content/uploads/Kiinteist%C3%B6alan-yhteiskunnallinen-ja-kansantaloudellinen-merkitys-2014.pdf

1.8 Kauppa/vaihdanta

Arvonluontiverkoston rajaus: Tämän arvonluontiverkoston tavoitteena on fyysinen ja immateriaalinen vaihdanta eli vapaaehtoinen omistus- ja käyttöoikeuksien siirto. Rajauksen piiriin kuuluvat vaihdantaa erityisesti palvelevat toimet, kuten sopimukselliset ja taloudelliset transaktiot sekä tiedon välittäminen tarjoomasta potentiaalisille asiakkaille. Rajauksen ulkopuolelle jää organisaatioiden sisäinen ansiotyö – transaktiokustannusteorian käsittein rajauksen sisäpuolella ovat siis markkinatransaktiot, mutta ei hierarkioita. Rajauksen sisäpuolelle katsotaan kuitenkin kuuluvaksi rahatalouden ulkopuolinen vaihdanta, kuten avoimen lähdekoodin kaltainen yhteistyö ja mainetalouden kaltainen vaihdanta. Tärkeimpiä arvoja ovat luotettavuus ja tieto saatavuudesta, tuote- tai palveluvalikoiman tarpeenmukaisuus sekä kustannus ja vaivattomuus.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Kauppa on murroksessa. Tavaroiden ja palveluiden ostotapahtuma on siirtymässä verkkoon. Verkkokauppa toimittaa tavarat yleisen

logistiikkaverkon avulla asiakkaalle ja se on perusluonteeltaan globaalia toimintaa. Verkkokaupat ovat itse omia markkinointikanaviaan eikä ulkopuolista kanavamarkkinointia perinteisen kaupan tapaan käytetä. Brändiluottamus korvautuu asiakkaiden tuotekohtaisilla peukutuksilla ja sosiaalisen median suosituksilla. Alihankkijaverkostot voivat verkkokaupassa olla massiivisia. Maksuliikenne toimii sähköisin keinoin ja maksuvälineet saattavat ulottua kryptovaluuttoihin.

Verkkokauppa on kasvanut nopeasti ja laajentunut palveluista tavaroihin. Merkittävä osa suomalaisista ostaa tuotteita suoraan ulkomaisista verkkokaupoista kuukausittain. Verkkokauppojen etuja ovat helpot tuoteryhmäkohtaiset vertailut, hakukoneilla tapahtuva etsintä, laaja valikoima ja käyttäjäkokemusten uskottava esittely. Etuna on myös vaivattomuus etenkin niiden tuoteryhmien kohdalla, jotka eivät kuulu päivittäistavarakauppojen valikoimaan. Jakelulokerikot, kuriiripalveluiden yleistyminen ja tottumus verkkomaksamiseen parantavat verkkokaupan toimintaedellytyksiä. Logistiikan robotisaatio laskee olennaisesti yksittäistavaroiden toimituskustannuksia verrattuna tukkutoimituksiin, joita joustava robotisaatio ei edesauta samassa määrin.

Euroopan laajuinen maksupalveludirektiivi PSD2 avaa pankkitilien rajapinnan siten, että verkkokaupat voivat halutessaan muuttua maksunvälittäjiksi. Tämä tulee yksinkertaistamaan sekä käyttäjän asiointia verkkokaupassa, että lisäämään verkkokaupan kansainvälisyyttä. EU:n tietosuoja-asetus toisaalta tulee monimutkaistamaan verkkokaupan ohjelmistoja ja saattamaan EU:n sisäiset ja EU:n ulkopuoliset palvelut erilaiseen asemaan.

Jakamistaloudessa tärkeänä piirteenä transaktio-alustan ohella on sekä palveluiden että niiden käyttäjien pisteytys keskinäisen luottamuksen lisäämiseksi. Sopimuskäytännöt tulevat laajenemaan lohkoketjujen avulla siten, ettei sopimusten varmentamiseen entiseen tapaan tarvita luotettuja kolmansia osapuolia.

Joukkoistuksessa yhteistyöhakuisuus tavoitteen saavuttamiseksi on tärkeämmällä sijalla kuin luottamus. Joukkoistuksella voidaan saavuttaa mittakaavaetuja ilman sitovaa organisoitumista ja hyödyt voivat jakautua joko vain osallistujille tai kaikille tuloksista kiinnostuneille. Hyvä esimerkki joukkoistuksesta on Wikipedia. Erikoistuminen ja vaihdanta toteutuvat, mutta rahatalouden transaktiot ovat vähäisiä. Toimintaa siirtyy sekä joukkoistuksessa että jakamistaloudessa rahatalouden ulkopuolelle.

Tekoälyn saadessa sijansa asiakkaan avustajana saattaa markkinoinnin ja oman sosiaalisen verkoston rooli suosittelijana vähetä. Hakukoneoptimointi menettää myös asemansa, ellei tiedä, miten kuhunkin oppivaan tekoälyyn vaikutetaan. Tekoäly toimii asiakkaan edustajana keskustellen tämän kanssa ja etsii sekä vertailee verkosta löytyviä tuotteita ja palveluita. Tekoäly voi käyttäjänsä edun sijaan huomioida myös kehittäjänsä etua. Älykkäitä agentteja asiakkailleen kehittävät mm. Microsoft, Amazon, Facebook ja Google.

Tavaroiden ja tilojen yksilöllinen tunnistaminen muuttavat tavarat ja tilat käyttöliittymiksi, joiden avulla niihiin liittyvät palvelut voidaan hajauttaa, joukkoistaa

ja myös automatisoida. Tekoäly voi omaksua tavarakohtaisia rooleja siten, että käsillä olevasta tavarasta riiippyy, miten tekoäly kulloinkin reagoi meihin.

Virtuaalitodellisuus ja laajennettu todellisuus tekevät verkkokaupan yhä realistisemmaksi. Tavarat näkyvät ajatellussa ympäristössään luonnollisen oloisina. Virtuaalitodellisuus yhdistettynä robotiikkaan mahdollistaa myös monien palveluiden toimittamisen ajasta ja paikasta riippumatta. Tämä mahdollistaa verkkokaupan kautta ostettujen fyysisten palveluiden toimittamisen verkossa. Esimerkiksi siivoojarobotin kauko-ohjaus voidaan tuottaa verkon yli.

Tärkeimpiä kauppaa ja vaihdantaa uudistavia arvoja ovat yksilöllisyys, vaivattomuus, valikoiman laajuus, vertaisluottamus ja riippumattomuus ajasta sekä paikasta.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Tavarakauppa ja palveluiden vaihdanta tapahtuvat edelleen enimmäkseen perinteisin tavoin, vaikkakin tietoverkot vaikuttavat jo kaikkeen toimintaan. Tuotteita ja palveluita mainostetaan mediassa, luottamus syntyy brändeistä ja kohdistuu kauppaa harjoittaviin yrityksiin, tavarat noudetaan myymälöistä tai toimitetaan asiakkaalle myyjän ja tämän alihankkijan toimesta. Palvelut ovat paikallisia ja ne on sidottu myyjän tai asiakkaan toimipisteeseen. Pankit ovat keskeisellä sijalla maksuliikenteessä ja viranomainen osallistuu merkittävällä tavalla sopimusten varmistamiseen sekä kaupan ja palveluiden valvontaan.

Palveluita tuottavat julkisyhteisöt, kolmas sektori ja yritykset. Monet palvelut ovat julkisesti rahoitettuja, kuten suurin osa opetuksesta ja sosiaalisektorista, liikennepaalveluista ja turvapalveluista. Pääosa kaupasta on yksityisen sektorin tuottamaa. Sekä kauppa että palvelut tuotetaan pääosin hierarkisin rakentein ja automaatio-aste on melko vähäinen finanssisektorin palveluita ja kaupan keskusliikkeiden varastotoimintoja lukuun ottamatta.

Tärkeimmät säilyttävät arvot liittyvät turvahakuisuuteen, holhoavuuteen, hierarkiasidoksiin, palkkatyöhön ja kokeiluhaluttomuuteen.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Uudistamisen seurauksena monet transaktiokustannukset vähenevät, tavoitettavissa oleva tuote- ja palveluvalikoima laajenee, paikkaan sidonnaisuus vähenee ja tuotteiden sekä palveluiden vertailtavuus paranee. Robotisaatio ja digitalisaatio yksinkertaistavat palveluiden joukkoistamista ja automatisointia. Hierarkisuuden väheneminen saattaa johtaa tuloerojen pienenemiseen.

Riskinä on valvonnan vaikeutuminen ja kuluttajan oman vastuun kasvaminen. Palkkatyöhön liittyvä työttömyysturva muuttuu ongelmalliseksi, kun vaihdanta viranomaisen huomaamatta helpottuu. Veropohja saattaa myös kaventua tuotteiden digitalisoituessa, palveluiden joukkoistuessa ja globalisoituessa sekä digitalisaation laskiessa tuotteiden ja palveluiden hintoja.

Muutosta hidastavat tekijät liittyvät kuluttajien ostotottumuksiin ja kaupunkirakenteeseen, joka on järjestetty perinteistä kauppaa ja vaihdantaa varten. Mainosrahoitteinen media sekä kaupan ja teollisuuden suljettu logistiikka palvelevat edelleen valtaregiimin toimintatapoja, kuten myös viranomaiskäytännöt. Yksilöllinen

lähijakelu on heikosti organisoitu ja jakamistalouden sekä joukkoistettujen C2B2C -tyyppisten palveluiden sääntely on tekemättä.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Nousevia tai uusia ammatteja ovat mm. seuraavat: AI-valmentaja/personalisoija, tavaran identiteettitarkastaja, peukutusmanageri, alustalobbari, AI-hakuoptimoija/AI-lobbari ja itsepalvelukioskipäällikkö.

Muutoksen säädöstavoitteet: Vertaiskaupan vastuut tulee säätää siten, että alustan ja myyjän vastuut säilyvät erillisinä ja vastuuta siirtyy nykyistä enemmän kuluttajalle. Vertaiskaupan alustan tulee olla vastuussa transaktioista. Peukutusmarkkinoinnin vastuista tulee säätää siten, että huijaukset vaikeutuvat. Vertaiskaupan ja sen alustojen verotus tulee säätää. Lähijakeluinfrastruktuurille tulee säädellä puitteet siten, että toimijoilla on riittävät insentiivit luoda asuinalueiden läheisyyteen kävelyetäisyydelle digitaalisesti avattavat lokerikot tavaroiden vaihtamiseksi toista osapuolta tapaamatta.

Kansalliset erityispiirteet: ?

http://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/kantilinpito/digitalisaatio_bkt.pdf

http://www.postnord.fi/globalassets/suomi/tutkimukset/verkkokauppa_pohjoismaissa_2017.pdf

1.9 Etävaikuttaminen

Arvonluontiverkoston rajaus: Arvonluontiverkosto tuottaa menettelyitä, joiden avulla ihmiset voivat etävaikuttaa asioihin ja tapahtumiin paikoissa, joissa he itse eivät ole. Rajauksen piiriin kuuluvat erilaiset viestinnän ja kauko-ohjauksen keinot.

Tärkeimmät arvot ovat osallisuus, nopeus, vaivattomuus, tavoitettavuus ja turvallisuus. Osallisuuteen liittyy ansainta- ja vaikuttamishalu. Nopeuteen, vaivattomuuteen ja turvallisuuteen kuuluu välittömyys sekä se, ettei tarvitse matkustaa. Tavoitettavuus tässä yhteydessä tarkoittaa mahdollisuutta kutsuttaessa tai omaehtoisesti osallistua toisaalla tapahtuvaan yllättävään päätöksentekoon omasta sijaintipaikasta riippumatta.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Etävaikuttamisen keinoissa on tapahtunut suuria muutoksia. Globaalit taloudellisen toiminnan ja viestinnän tietotekniset alustat mahdollistavat yksilöiden ja organisaatioiden häiritsemisen tai ohjailun viestinnän keinoin. Virukset, sosiaalinen media, kryptovaluutat ja dark web ovat kasvavia vaikuttamisen kanavia. Kauko-ohjattavat robotit sekä ohjukset, internetiin kytkettyjen laitteiden häirintä ja keinotekoisesti luodut tartuntataudit ovat olleet jo aiemmin suurille valtiollisille toimijoille mahdollisia keinoja, mutta nyt ne ovat tulossa yhä pienempien toimijoiden ulottuville. Aktiivinen osallistuminen ja fyysinen työnteko ovat myös tulossa mahdolliseksi etäläsnäolon keinoin.

Konenäön avulla robotit voivat hahmottaa ympäristönsä. Dynaamisen liikkeen yhä parempi hallinta on johtanut edullisiin laitteisiin, jotka kykenevät liikkumaan ympäristössään kahdella tai neljällä jalalla, lentäen, vesiteitse tai pyörien avulla. Kun näihin laitteisiin yhdistetään muuta toiminnallisuutta ja tietoliikennekyky, voivat ne toimia etäläsnäolon ja etätyön välineinä. Näistä voidaan puhua etiäisinä (avatar). Halvimmillaan kyse on leikkikaluista, mutta monenlaiset maansiirtoon, taakkojen kuljetukseen, tavaroiden manipulointiin ja jopa kirurgisiin operaatioihin soveltuvat kauko-ohjattavat robotit ovat yleistymässä. Tavallisimmat etiäiset ovat toistaiseksi kuvauskoptereita ja kahdella pyörällä liikkuvia etäläsnäoloon tarkoitettuja kuvapuhelimia.

Tietoliikenneverkkojen kyky välittää näkökulma etiäisen ympäristöön tulee paranemaan olennaisesti 5G-verkkojen ja satelliittiyhteyksien yleistyessä. 5G-verkot myös mahdollistavat yhä useampien laitteiden kytkemisen tietoverkkoihin langattomasti. VR-lasit ja muu virtuaaliteknologia aikaansavat luonnollisen käyttöliittymän etiäisten kauko-ohjaukseen. Tekoälykehitys toisaalta parantaa laitteiden kykyä liikkua ja vaikuttaa ympäristöönsä autonomisesti.

VR- ja AR- teknologiat yhdessä tekoälyn kanssa synnyttävät uusia etävaikuttamisen tapoja. Pokemon -peliin kuuluvien houkuttimien avulla on esimerkiksi saatu kahviloiden asiakasmäärää kasvatettua. Todellisuuden koordinaatteihin sijoitettu kuvitteellinen informaatio voi synnyttää todellisia tapahtumia. Toisaalta todellisuudesta poikkeava, mutta siihen liittyvä valheellinen informaatio on yhä helpompi tuottaa. On esimerkiksi mahdollista soittaa kuvapuhelu ja keskustella toisen ihmisen kanssa kasvokkain siten, että hän luuli puhelun tulevan esimerkiksi Helsingin Kauppatorilla seisovalta presidentti Obamalta.

Tärkeimmät uudistavat arvot ovat tehokkuus, vaivattomuus, turvallisuus ja hybridisota. Vaivattomuuteen liittyy saavutettavuus ja turvallisuuteen mahdollisuus vaikuttaa joutumatta itse vaaralle alttiiksi.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Perinteinen keskitetty tiedottaminen median kautta leviävine viesteineen on edelleen tärkein etävaikuttamisen keinoista. Mainokset, puhelinsoitot ja sähköposti ovat valtavirtaa sosiaalisen median rinnalla ja systemaattinen vaikuttaminen perinteisin keinoin on edelleen tavallisinta. Fyysiset etävaikuttamisen keinot ovat pääosin armeijoiden käytössä, mutta tietoverkkoja hyväksikäyttäen mitataan ja säädetään monia maantieteellisesti hajautettuja prosesseja ja laitteiden toimintaa.

Kirjalliset ohjeet, kirjallisen raportoinnin vaatiminen ja monenlaiset normit ovat keskeinen ja perinteinen etävaikuttamisen keino. Tähän vaikuttamiseen liittyy laaja hallintokoneisto. Valtioiden välisessä toiminnassa tullimaksut, kauppasodat ja kansainväliset sopimukset ovat myös olleet normaaleja oman maan rajojen ulkopuolelle ulottuvan vaikuttamisen keinoja diplomaattisten ja sotilaallisten uhkailujen lisäksi.

Suomessa on yli 9 miljoonaa matkapuhelinliittymää. Käytännössä kaikilla on postiosoite ja lähes kaikki seuraavat televisiolähetyksiä ja radiokanavia suoraan asianomaisilla vastaanottimilla tai niistä tehtyjä tallennepalveluita internetin kautta.

Myös painoviestinten ja niiden kaltaisten internet-sivustojen käyttö on runsasta ja laajaa. Sosiaalinen media on osa päivittäistä arkea useimmille suomalaisille. Tietoturvapoikkeamia raportoidaan Suomessa vuosittain yli 180 tuhatta.

Tärkeimmät säilyttävät arvot liittyvät fyysisen läsnäolon arvostukseen, normeihin ja tottumuksiin sekä piittaamattomuuteen saapujan näkemän vaivan suhteen.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Muutoksen tärkein hyöty liittyy matkustamistarpeen vähenemiseen. Etävaikuttamisen avulla työssäkäyntialue ja asiointialue myös virtuaalisesti laajenevat ja vuorovaikutus tehostuu. Tämä lisää osallisuutta ja parantaa alueellista tasa-arvoa. Matkustustarpeen vähentyessä viiveet vähentyvät. Etävaikuttamisen monipuolistuminen parantaa vaikuttamisen laatua ja vähentää virheitä, kun esimerkiksi puhelu korvataan etäläsnälolla VR- ja AR-teknologioiden sekä luonnollisesti ohjattujen etiäisten avulla.

Hybridisodan ja terrorismin riskit kasvavat kyberhyökkäysten helpottuessa. Jopa leikkikalut voidaan valjastaa aseiksi levittämään vääristeltyä tietoa, haitallisia kemikaaleja tai tauteja sekä räjähteitä. Tuhoja voidaan aiheuttaa rajojen takaa lähes ilman kiinnijäämisen riskiä. Kiristykset ja rahojen kerääminen ovat myös mahdollisia globaalisti. Yksityisyyden suoja vähenee ja yhä useammat ammatit voidaan hoitaa rajojen takaa kauko-ohjattujen etiäisten avulla.

Muutosta hidastaa vietintäkäytäntöjen monenkeskeisyys ja niihin liittyvät systeemiset piirteet ja reguloitu ympäristö. Viestintävälineillä on lisäksi monia symbolisia merkityksiä, joita on vaikea korvata uusien teknologioiden avulla. Etiäisten leviämistä hidastaa käyttöönottoon liittyvän motiivin ristiriitaisuus. Kyse on vastaanottajan investoinnista ja saapujan säästöstä. Robottien liikkuminen ei myöskään ole vapaata ja hyödyt jäävät yleensä realisoimatta, mikäli jonkun on esimerkiksi käytävä kuljettamassa robotti etäläsnäolon paikkaan. Monissa tilanteissa fyysinen läsnäolo on säädettynä vaatimuksena.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Nousevia uusia ammatteja ovat esimerkiksi etiäiskokki, etiäissoittaja, etiäislääkäri, etiäishuoltohenkilö, kyberturvamies, VRAR-neuvoja, etiäistyön kouluttaja, etiäisohjainten sovittaja, etiäistorjuntamestari ja IoT-riskianalyytikko. Fyysisen työn mahdollistuminen ilman matka-aikoja lisää sellaisten palveluiden kysyntää, joissa asiantuntija suorittaa etiäisen avulla pyydetyn tehtävän. Etäläsnäolon mahdollistavien asiointipalveluiden järjestämiseen liittyvät työt lisääntyvät. Etävaikuttamisen riskien torjuntaan liittyvät työt kasvavat olennaisesti.

Muutoksen säädöstavoitteet: Etiäissaapuminen julkisiin palveluihin tulisi mahdollistaa. Kunnossapito ja valvonta tulisi toteuttaa etiäisten avulla aina, kun se on tarkoituksenmukaista. Näihin liittyvät säädökset tulisi tarkistaa. Itsenäisen robotin ja osittain autonomisen tai kokonaan ohjatun etiäisen ja sen kauko-ohjaajan vastuutus tulisi selkiyttää. Etiäisläsnäolo tulisi rinnastaa fyysiseen läsnäoloon. Tällä on vaikutuksia moniin säädöksiin ja niiden vaikutukseen. Esimerkkinä mainittakoon tekijänoikeudet. Tekoälyn ja sosiaalisen median kautta tapahtuva yksilöllistetty joukkoviestintä tulisi reguloidatavalla, joka estää tarkoituksellisen laajan manipuloinnin väärän tiedon avulla.

Kansalliset erityispiirteet: ?

https://www.viestintavirasto.fi/attachments/Viestintaviraston_strategiaesite.pdf

1.10 Koneiden tekemä työ

Arvonluontiverkoston rajaus: Koneiden tekemän työn pääasiallisena tavoitteena on ihmistyön säästäminen. On myös huomattava, että ihmisen kehittämillä työvälineillä saadaan aikaan asioita, joita ihmisen on mahdoton ilman koneitaan tehdä. Lopulta toki näidenkin asioiden perimmäinen tavoite yleensä on ihmistyön säästäminen.

Tärkeimpinä arvoina ovat koneiden toiminnallisuus, käytön helppous ja kustannus. Toiminnallisuuteen liittyvät käyttövarmuus ja laatukysymykset eli se, että työn tulokset ovat toivotun mukaisia. Käytön helppouteen kuuluvat kysymykset siitä, kuinka paljon koneet vaativat ihmisen ohjausta ja osaamista. Kustannukset muodostuvat kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista sekä mahdollisista riskeistä ja erilaisista valmistuksen tai käytön aiheuttamista ulkoishaitoista.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Nykyisen toisteisen automaation tai ihmisen jatkuvaa ohjausta vaativan erikoistuneen konevoiman sijaan uudet koneet saattavat olla kyvyiltään yhä monipuolisempia ja silti autonomisia. Robotit voivat siirtyä itsenäisesti paikasta toiseen ja suorittaa niissä esimerkiksi materiaalien käsittelyä, mittaustehtäviä tai ihmisten opastusta robotin itse havaitsemansa tarpeen tai toiveen mukaan.

3D-tulostimet ja muut robotit valmistavat monipuolisesti erilaisia tavaroita. Mobiilit robotit voivat esimerkiksi leikata viinintaimet tai kitkeä rikkaruohot. Koneet voivat myös havainnoida ja mallintaa asioita tekoälyn avulla ja oppia tunnistamaan poikkeamia sekä parhaita toimintamalleja.

Uusien koneiden monipuolisuus perustuu informaatiokäsittelykapasiteetin kasvuun. 3D-tulostimissa tämä näkyy siinä, että jokainen tuloste kootaan mikroskooppisen pienistä rakeista tai kovetetuista nestepisaroista vähäisin yksityiskohta kerrallaan eikä monimutkaisuus tällöin kasvata tuotantokustannuksia.

Robotteihin kehitetään tartuntaelimiä, jotta ne voivat käyttää muita työkaluja apunaan. Kyky joustavaan, yksilölliseen tuotantoon ja palveluun yhdistetyy tulevissa roboteissa mahdollisuuteen siirtyä tarpeen mukaan paikasta toiseen. Tekoälyn avulla saavutettu kyky havainnoida ympäristöä ja sopeuttaa toimintaa tarpeen mukaiseksi, kasvattaa olennaisesti laitteiden monikäyttöisyyttä.

Tekoälyn lupaavin haara perustuu oppiviin järjestelmiin. Koneita siis opetetaan ohjelmoinnin sijaan ja opettaminen tehdään kerroksittain. Puhutaan syväoppimisesta. Oppiminen voi perustua suunnittelijan luomaan malliin, jonka puitteissa kone kokeilee erilaisia vaihtoehtoja simuloimalla mallin toimintaa. Oppimineen voi myös perustua laajaan koneelle esitettävään aineistoon, jonka perusteella kone muodostaa kategoriat ja kausaalisuhteet. Aineisto voi olla luokiteltua tai luokittelematonta ja jopa sadan miljoonan kuvan on havaittu olevan

hyödyllisiä opettamisessa. Puhutaan siis suuresta lähtöaineiston määrästä, mikäli tekoäly halutaan opettaa tehtäviinsä alkeista alkaen.

Koneiden jatkuvasti laskeva hinta, kasvava monikäyttöisyys ja mobiilisuus sekä autonomisuus helpottavat niiden yhteiskäyttöä. Yhteiskäyttö voi toteutua sekä kehitystyön joukkoistuksen että hyväksikäyttöön liittyvän jakamistalouden kautta. Robottiliikenne ja 3D-tulostus ovat hyviä esimerkkejä mahdollisista palveluista.

Koneet kykenevät nopeasti ja vaivattomasti sopeutumaan uusiin tarpeisiin. Kun toisteisuuden tarve vähenee, pienenee samalla suuruuden ekonomia. Yksilöllinen tavaroiden ja palveluiden tuotanto voi kilpailla suuruuden ekonomian kanssa. Tuotanon hajautus tulee kannattavaksi monesta syystä, logistiikkakustannukset säästyvät, viiveet vähenevät ja yksilöllinen, monipuolinen palvelu tuodaan lähelle.

Tärkeimmät uudistavat arvot ovat 24/7-palvelu, tehokkuus, hinta ja sosiaaliset estot.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Suurin huomio nykyisessä yhteiskunnassa kohdistuu toisteista työtä suorittaviin tai ihmisen jatkuvaa ohjausta vaativiin koneisiin. Yhtäältä siis on sarjatuotantolinjoilla toimivia automaatteja, joista kukin suorittaa melko selkeää ja usein yksinkertaista työvaihetta osana laajempaa teollista prosessia ja toisaalla sitten kaivinkoneen tai moottorisahan kaltaisia työkaluja, joita ihmiset käyttävät suorittaakseen erikoistuneita työvaiheita konevoiman avulla. Informaatioteknologian puolella koneet koostavat ja lajittelevat suuria tietomassoja itsenäisesti tai toimivat tekstinkäsittelyohjelmien ja laskinten tavoin kynän ja paperin korvikkeina yksilöllisen työn tehostajana.

Koneiden ja ajoneuvojen osuus kansallisvarallisuudesta on tilastokeskuksen tietojen mukaan runsaat 10%. Lähes kaikkiin työtehtäviin tarvitaan koneita, joiden käyttötaito on olennainen osa ammattitaitovaatimuksia. Ihmisten arki on myös koneiden ympäröimä. Voidaan jopa ajatella modernin elämän laajasti tapahtuvan koneiden luomassa maailmassa. Silti meidän koneemme ovat edelleen toisteisia tehtäviä suorittavia tai meidän selkeässä ohjauksessamme. Koneet eivät vielä ajattele puolestamme eivätkä ne juurikaan sopeudu tilanteisiimme ja tarpeisiimme.

Tärkeimmät säilyttävät arvot liittyvät ammatti-identiteettiin, jota älykkäät koneet uhkaavat sekä yleiseen autonomisten koneiden pelkoon ja tutun ihmistyön vaatimukseen. Ihmistyön ja läheisyyden arvoa halutaan korostaa ja robotteja vastustaa.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Kun koneiden työ muuttuu joustavammaksi, voidaan tuotantosarjoja lyhentää kustannusten kasvamatta. Tämä mahdollistaa monipuolisemman paikallisen tuotannon, alhaisemmat logistiikka- ja varastointikustannukset, laajemmmat valikoimat sekä matalammat hierarkiat. Koneiden vaatiessa vähemmän ihmisen ohjausta, monien tavaroiden ja palveluiden kustannukset laskevat ja osaamisvaatimukset vähenevät. Samalla koneiden jakaminen helpottuu. Jakamistalouden laajetessa autonomisiin koneisiin, yhä useammat tehtävät on mahdollista suorittaa itse koneiden avustuksella tarvitsematta turvautua ammattitaitoiseen palveluun.

Joukkoistuksen ja omatoimisuuden yhtenä riskinä on veropohjan kaventuminen. Riskinä tulee myös pitää tekoälyyn ja autonomisiin koneisiin liittyviä vaaroja, jos niitä halutaan valjastaa haitallisiin tarkoituksiin. Tietoverkkoihin nojaavat, pilvipalveluita käyttävät ja fyysisiä laitteita ohjaavat tekoälyt ovat erityisen haavoittuvia tietoteknisten laitteiden ja tietoliikenteen häiriöille. Tekoäly voi myös tehdä odottamattomia johtopäätöksiä ja toimia niiden mukaan. Vastuukysymykset ovat näissä tilanteissa usein ongelmallisia eivätkä väärin suunnatut vastuut kannusta kehittämään turvallisia koneita. Tekoälyyn liittyy myös mahdollisia IPR-ongelmia ja yksityisyyden suojakysymyksiä. Työmarkkinoilla murros on suuri, kun monet ammatit muuttuvat olennaisesti ja työpaikkoja katoaa koneiden tehdessä yhä laajemman osan nykyisestä työstä.

Muutosta hidastaa tottumus vanhaan ja kyvyttömyys nähdä uusia mahdollisuuksia. Kyvyttömyyttä on aiheuttanut heikko panostus uusien mahdollisuuksien selvittämiseen. Liiketoiminnallinen taito moniin töihin, jotka koneellistamisen avulla nyt voisi palauttaa takaisin kotimaassa paikallisesti suoritettavaksi, on lähes kadonnut eikä siksi uusia paikallisia yrityksiä synny, vaikka teknisiä mahdollisuuksia olisi. Palvelualalla ei myöskään ole totuttu ajatukseen robottipalveluista. Useimmat ihmiset ajattelevat robotit vain tehtaisiin ja toisteiseen työhön sopiviksi laitteiksi. Liikkuvien koneiden leviämistä rajoittaa niiden tekninen keskeneräisyys, jonka vuoksi liikkuminen ihmisen ehdoin rakennetussa ympäristössä on rajallista. Regulaatiot myös rajoittavat robottien itsenäistä liikkumista julkisessa tilassa.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Nopeasti kasvavia ja uusia ammattela tulevat olemaan esimerkiksi robottiturvallisuuden tarkastaja, robottivakuutusarvioija, robottikenttähuoltaja, robottityönjohtaja, robottikouluttaja, robottityön suunnittelija, robotti-energia-avustaja ja robottisiirtäjä. Uudet työt liittyvät pääosin robottien tekemän työn mahdollistamiseen ja sen haittojen minimointiin.

Muutoksen säädöstavoitteet: Robottien liikkumiseen ja niiden tekemään työhön liittyvä vastuutus tulisi selkiyttää. Tässä valmistajan, opettajan, omistajan ja tilaajan vastuu ovat toistaiseksi rajoiltaan epäselvät. Robottien häirintä tulisi kriminalisoida. Roboteille tulisi sallia oikeus valvoa ympäristöään ja robottien valvontaa tulisi selvittää erityisesti julkisessa ympäristössä autonomisesti liikkuvien robottien osalta. Robottien ja muun tekoälyn suhde tietosuoja-asetukseen (GDPR) tulisi selvittää.

Kansalliset erityispiirteet: Tekoälyn ja robotiikan osaaminen Suomessa on korkeatasoista. Ulkotiloisssa liikkuvien ja työskentelevien robottien osalta keliolosuhteet ovat poikkeuksellisen vaativia suuren osan vuodesta.

1.11 Työ ja ansainta

Arvonluontiverkoston rajaus: Ihmisen tekemän työn pääasiallinen tarkoitus on turvata oma sekä läheisten hyvinvointi ja edistää itselle merkityksellisiä asioita. Tämän rajauksen sisään kuuluu sekä vallankäyttö sen eri muodoissa, että omavaraistalouden suoritteet. Verotuskyvyn ylläpito, kaupassakäynti ja taskuvarkaus edustavat kaikki tässä tarkoitettua työtä ja ansaintaa.

Työn tärkeimmät arvot liittyvät ansaintaan ja säästöön, työn sopivuuteen omiin taipumuksiin ja työn sosiaalisiin merkityksiin. Ansaintaan liittyvät rahallinen korvaus ja valta saada tai määrätä muista etuisuuksista ja etenemismahdollisuus. Säästöön voidaan ajatella kuuluvan itsepalvelun ja omavaraistalouden kautta saavutettu hyöty tarvitsematta uhrata siihen aiemmin kerättyjä vaihdon välineitä. Työn sopivuus liittyy yhtäältä omiin kykyihin ja toisaalta omaan arvomaailmaan. Työn sosiaalinen arvostus ja siihen liittyvät ihmissuhteet ovat monille myös tärkeitä arvoja. Yhteiskunnan tärkeänä tavoitteena on pidetty työn ja ansainnan edellytysten jakautumista kaikille jäsenille.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Kehittyneissä maissa työ on pääosin jakautunut erikoistuneeksi hierarkioiden kautta organisoiduksi säännölliseksi palkkatyöksi ja erikoistumattomaksi kotitaloustyöksi. Ansiotyöstä on tullut niin hallitsevaa, että monesti sitä tarkoitettaessa puhutaan vain työstä ja omaan tarpeeseen tekemistä on ollut tavallista kutsua vapaa-ajaksi. Tekoälyn, jakamistalouden ja robotisaation avulla osaaminen ja työn tuottavuuden kannalta tärkeät työvälineet ovat yhä useamman saatavilla. Tuottavuuserot ja erikoistuminen voivat vähentyä. Alustatalous helpottaa myös satunnaisia työsuhteita ja joukkoistusta sekä talkootyön tulosten jakamista.

Jakamistalous ja alustatalous tarkoittavat osin samaa asiaa. Yksittäiset ihmiset ilmoittavat yhtäältä tarpeensa ja toisaalta oman työskentelyhalukkuutensa tai vapaat resurssinsa toimintaa organisoivalle tietojärjestelmälle. Tietojärjestelmä huolehtii seurannasta ja laskutuksesta sekä toiminnan määrämuotoisuudesta. Palvelut voidaan saada joukkoistetulla tavalla alueellisesti, erikoistumiseltaan laajoiksi ja mittakaavaltaan suuriksi. Palvelut voivat nojautua työntekijöiden omiin resursseihin. AirBnB ei omista huoneita eikä Uber autoja. Tärkeä jakamistalouden muoto liittyy aineettomiin resursseihin. Wikipedia ja Linux ovat osoitus yhteistyön voimasta. Suuri joukko uusista palveluista jakaa käyttäjien toimittamaa tietoa ja heidän kehittämiään kuvia, malleja ja neuvoja tavalla.

Alustatyössä organisaatiot hajautuvat maantieteestä riippumattomiksi alustaan löyhästi sidoksissa oleviksi verkostoiksi. Transaktiokustannukset ovat alhaisia ja markkinointi globaalia sosiaalisesssa mediassa vertaisviestintänä tapahtuvaa. Etätyön välineiden kehittyessä etiäisrobottien ja laajennetun todellisuuden sekä virtuaalitodellisuuden keinoin voidaan uskoa alustatyön entisestään monipuolistuvan ja vahvistuvan suhteessa perinteiseen palkkatyöhön. Työ tehdään asiakkaalle tai muulle joukolle ja esimiehenä on alusta, joka mittaa ja palkitsee suorituksen asiakastyytyväisyyden tai vertaisryhmän mielipiteen mukaan.

Digitalisaatio tuo silmiemme eteen neuvot yhä useampiin töihin ja työkalut, jotka suorittavat työvaiheet automaattisesti oikein ja valvovat lopputuloksien laadun. Puolivalmisteet lisääntyvät ja välineiden vuokraus ja hankinta helpottuvat. Tämä synnyttää pienuuden ekonomian, jonka seurauksena erikoistuminen vähenee sekä yksilöiden välillä että alueellisesti. Yhä pienemmät organisaatiot voivat tehdä yhä useampia asioita. Pienuuden ekonomia muuttaa työtehtäviä nykyistä kokonaisvaltaisemmiksi ja siirtää niitä ansiotyön puolelta omavaraistalouden piiriin.

Kuluttajat voivat tulevaisuudessa omien ja yhteiskäyttöisten koneiden avulla valmistaa itselleen tavaroita, vaatteita ja jopa lääkkeitä, rakennuksia tai ajoneuvoja.

Tämä merkitsee paluuta perhekeskeisen luontaistalouden suuntaan. Myös energia ja ruoka voidaan kasvavassa määrin tuottaa itse ja osaaminen lääketieteeseen, suunnittelutehtäviin tai kunnossapitoon voidaan joukkoistaa tekoälyn ja alustojen avulla talkootyöksi. Verojen välttäminen asiantuntijatyön vaihtamisessa yleistyy etiäistyön yleistyessä ja ylittäessä valtakunnanrajat.

Haastajaregiimin tärkeimmät arvot ovat omatoimisuus, riskinottokyky, vapaus, vastuullisuus ja kokeilunhalu.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Valtaosa ansiotyöstä on nyt erilaisten koneiden ohjaamista ja käyttämistä tai vuorovaikutusta muiden ihmisten kanssa. Fyysisen voiman käyttöön perustuvat työtehtävät ovat yhä pienempi osa ansiotyöstä. Työt ovat sidoksissa suuruuden ekonomiaan joko tuotannon luonnollisten mittakaavaetujen vuoksi ja toisteiseen automaatioon liittyen tai vaihtoehtoisesti keinotekoisiin yhteiskunnan regulaatioihin liittyvien valtarakenteiden ja hierarkioiden palveluksessa. Näihin voidaan laskea julkiset ja yksityiset monopolit, joista yksityiset privilegiot sisältävät mm. aineettomat oikeudet. Valtaregiimi on omistus- ja pääomakeskeinen ja erilaisten privilegioiden vaikutus on suuri. Tämä korostaa valtioiden ja politiikan merkitystä yritystaloudessa.

Suuret tuottavuuserot, joita reguloinnilla on tuettu, ovat mahdollistaneet korkean ansiotyöhön ja sen tuloksien vaihdantaan liittyvän verotuksen. Yhteiskunta ottaa veroluontoisina maksuina karkeasti 75% välityspalkkion kahden keskituloisen vaihtaessa työsuoritteita keskenään. Tämä vaihto kannattaa vaihtajille vain, jos tuottavuusero on kolminkertainen. Näistä syistä noudamme tavarat kaupan hyllyiltä ja suoritamme itse muut askareemme, joissa tuottavuuserot ovat vähäiset. Veroluontoisten maksujen avulla yhteiskunta kustantaa suuren joukon palveluita ja tulonsiirtoja, joilla turvataan mm. eläkeläisten, opiskelijoiden ja työttömien toimeentulo.

Verrattain vähäisten tuloerojen ja korkean verokiilan vuoksi sellaiset työtehtävät, joissa henkilökohtaiset tuottavuuserot ovat vähäisiä, ovat siis siirtyneet itsepalveluksi ja omavaraistalouden piiriin, elleivät ne ole aina siellä olleet. On selvää, että joissakin tehtävissä erikoistuminen vaatii suuren ajallisen työpanoksen ja näissä työaika on mielekästä käyttää kokonaan oman erikoistumisen alueelle, vaikka joutuisi maksamaan ulkopuoliselle jonkin työn tuloksista enemmän kuin itse keskimäärin saa siltä ajalta, joka kuluisi, kun saman tehtävän tekee itse. Suuret tuloerot mahdollistavat myös suurituloisille työn ostamisen pienituloisilta, vaikka ajallista tuottavuuseroa ei ostettuihin tehtäviin liittyisi.

Noin 2,3 miljoonaa suomalaista käy ansiotyössä. Tästä 1,5 miljoonaa on jatkuvia ja kokoaikaisia työsuhteita ja 800 tuhatta on epätyypillisiä työsuhteita. Lähes kaikki kotitaloudet tekevät kaiken tai suurimman osan kotitaloustyöstään itse. Merkittävä osa niin kutsutusta vapaa-ajasta käytetään ansiotyöhön liittyvään matkustamiseen ja elintarvikkeiden sekä tavaroiden noutamiseen. Valtakulttuurin piirissä ansiotyö ja siihen liittyvät odotukset ja ammatti-identiteetit ohjaavat käyttäytymistä voimakkaasti. Tämä on myös koulutusjärjestelmän ja sääntelyn ilmeinen seuraus.

Tärkeimmät säilyttävät arvot ovat turvahakuisuus, hierarkiahakuisuus, mukavuudenhalu ja viehtymys suuriin tarinoihin.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Työtehtävien ja osaamisen muuttuminen kokonaisvaltaisemmaksi sekä vähemmän hierarkiseksi kasvattaa työn mielekkyyttä. Alueiden ja yksilöiden muuttuminen omavaraisemmiksi vähentää kriisiherkkyyttä ja transaktiokustannuksia. Alustatalous lisää avoimmuutta sekä poistaa välikäsiä ja esimiesportaita kasvattaen työn tehokkuutta. Omatoimisuuden lisääminen siten, että ihmiset valmistavat omia tavaroitaan ja tuottavat omat elintarvikkeensa, energiansa ja tarvitsemansa tiedot ja taidot, muuttaa yhteiskuntaa nopeasti.

Kun elintaso ei enää riipu ansiotuloista, muuttuvat tulonsiirtojen vaikutukset entistä vaikeammin arvioitavaksi kysymykseksi. Veropohja voi merkittävästi vähentyä jakamistalouden, omatoimisuuden ja joukkoistamisen siirtäessä työtä rahatalouden ulkopuolelle. Verokiilan nosto entisestään voi luoda negatiivisen kierteen. Tulonsiirrot voivat lisäksi houkutella siirtymään omavaraistalouteen, jos sen edellytykset ennakoidulla tavalla olennaisesti paranevat.

Muutosta hiddastaa voimakas sosiaalinen ja henkinen sidos ansiotyöhön. Työllä ja erityisesti muille ihmisille tehtävällä työllä on suuri symboliarvo ihmiselle itselleen. Kodit ovat heikosti varustettuja omatoimista valmistusta tai etätyötä varten ja koulutus valmentaa palkkatyöhön ja hierarkisiin organisaatioihin. Mittakaavaedut ovat edelleen merkittävät ja logistiikkakustannusten lasku kasvattaa niitä. Työ on monilla aloilla voimakkaasti reguloitua ja vaihdanta hankalasti toteutettavissa nykyisten organisaatioiden ulkopuolella.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Esimerkkejä uusista ammateista ovat mm. alustatilintarkastaja, alustapoliisi, onlinetyö (ennakoija, freelancer, mainekauppias), alustamanageri, viranomaisfasilitoija, lähipalvelunvälittäjä, mikrovakuuttaja, omavaraiskonsultti ja yhteisömanageri.

Muutoksen säädöstavoitteet: Muutoksen tärkein säädöstavoite on mikroyrittäjyyden ja alustatyön helpottaminen. Jaettujen resurssien tulo- ja kululaskentaan tulisi kehittää yksinkertaisia sääntöjä. Työlainsäädäntö tulisi tehdä paikasta riippumattomaksi yhtäältä siten, että etätyö olisi valvottavissa ja toisaalta siten, että työt eivät tarpeettomasti vaatisi fyysistä läsnäoloa. Jakamistalouden transaktiot tulisi normittaa ja modernin omavaraistalouden tutkimusta lisätä.

Kansalliset erityispiirteet: ??

1.12 Terveyden ylläpito

Arvonluontiverkoston rajaus: Ensisijaisena tavoitteena on ihmisen eläminen terveenä mahdollisimman pitkään. Tärkeimmät arvot ovat kehon ja mielen toimivuus, pitkä elinaika, hyvinvointi ja ulkonäkö. Kehon ja mielen toimivuuteen vaikuttavien sairauksien ennaltaehkäisy ja parantaminen, fyysisen ja psyykkisen kunnon ylläpito sekä sosiaalisia suhteita häiritsevien ulkonäöllisten ongelmien korjaus kuuluvat tähän arvonluontiverkostoon. Kehollisten tai mielen toimintaan

liittyvien puutteiden korjaaminen apuvälineiden tai jatkuvasti avustavan ympäristön avulla on rajauksen ulkopuolella ja kuuluu seuraavaan arvonluontiverkostoon.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Terveydenhuollon valtavirtaan kuuluvat tilastoihin pohjautuvat viranomaissuositukset sekä byrokratisoitu terveydentilan valvonta ja sairauksien hoito virallisesti valvotun avohoidon ja laitosten kautta pääosin yleisiä käypähoitosuosituksia noudattaen.

Ihmiset hoitavat omatoimisesti tavallisen flunssan, vatsataudin ja yksinkertaisten haavojen sekä ihottuman oireita. Teknologia mahdollistaa jo perimän ja soluaineenvaihdunnan yksilöllisen selvittämisen. Kotitalouden omin laittein on lähitulevaisuudessa mahdollista seurata kehon eri elinten tilaa, ravintoa sekä tauteja tarkemmin kuin mihin keskussairaaloiden laboratoriot ovat tähän saakka kyenneet. Näiden tietojen perusteella tekoäly, tarvittaessa asiantuntijan avustamana, kykenee antamaan lausunnon tarvittavista elintapamuutoksista ja hoitotarpeesta.

Terveydenhuollon menetelmiä varsin tiukasti USAssa valvova FDA on hyväksynyt useita iPhonen lisälaitteita diagnostisiin tarkoituksiin. Potilaat voivat esimerkiksi kuvata retinan pohjan tai tärykalvon itse ja lähettää kuvan lääkärille lausuttavaksi. Älypuhelinten lisälaitteet kykenevät hyvin moniin eri mittauksiin ja tekoälyn avulla myös automaattiset diagnoosit tulevat mahdollisiksi. Tricorder xPrize-kilpailussa kaksi palkittua loppukilpailijaa kehitti kannettavan laitteen, joista kumpikin kykenee maallikon käytössä diagnosoimaan useita yleisiä tautitiloja tarkasti.

Perimän selvittäminen on muuttumassa niin edulliseksi, että oman perimän lisäksi lähitulevaisuudessa lienee käytännöllistä selvittää myös proteiiniaineenvaihdunnan tila ja elimistön bakteerikannan sekä ravinnon sisältämä perimä yksilöllisesti. Näiden tietojen merkityssisältö ymmärretään vuosi vuodelta paremmin ja yksilöllinen lääkintä tulee niiden avulla nykyistä helpommaksi. Sen sijaan, että käytetään kemiallisia lyhyitä molekyylejä ja niiden aiheuttamia sivuvaikutuksia korvaamaan jotakin puutetta soluaineenvaihdunnan säätelyssä, tulee mahdolliseksi korjata tai kompensoida ongelman alkuperäinen juurisyy. Näiden mekanismien avulla on myös mahdollista antaa yksilöllisiä ravintosuosituksia ja seurata niiden vaikutusta. Pelillistämisen ja tekoälyn sekä digitatuointien ja itsediagnostiikka-implanttien keinoin tämä voidaan tehdä jatkuvaksi elämisen tavaksi.

Omatoimisen terveydenhuollon yhtenä ilmentymänä on biohakkeriliike. Siinä itsediagnostiikan ja ravintotieteiden avulla valvotaan ja säädetään yksilöllistä ravintoa ja elintapaa terveyden edistämiseksi. Erikoistuneempana muotona tästä voidaan pitää potilasyhdistyksiä, joiden jäsenet kokeilevat omaehtoisesti erilaisia hoitokeinoja ja vertailevat kokemuksia keskenään. Diagnostiikkavälineiden kuluttajistuminen ja verkostoituminen tehostavat tätä toimintaa. Bioteknologian kehitys etenee kohti menetelmiä, joilla melko yksinkertaisesti voidaan syntetisoida monimutkaisiakin molekyylejä. Tämä avaa tien kohti laajoja ihmiskokeita. Potilaat voivat omien laitteidensa avulla syntetisoida lääkkeitä itselleen ja vertaisyhteisön avulla jakaa kokemuksia.

Eliniän pidentämistutkimus on mahdollisen läpimurron kynnyksellä. Hiirten tervettä elinikää on kyetty pidentämään noin 30% monilla toisistaan olennaisesti

poikkkeavilla keinoilla. Samoja keinoja on ryhdytty kokeilemaan ihmisiin. Hiirillä ne eivät pelkästään hidasta ikääntymistä vaan myös parantavat monia vanhuuteen liittyviä tauteja, kuten esimerkiksi dementian, sydämen laajentuman, ryppyisen ihon ja lihasvoiman heikkkenemisen. Tämän tutkimuksen konkretisoituminen saattaa johtaa omaehtoisten hoitojen radikaaliin lisääntymiseen.

Mielenterveydelliset haasteet ovat suuria eikä julkinen terveydenhuolto kykene tarjoamaan riittäviä palveluita estämään mielenterveyden ongelmien jatkuvaa lisääntymistä. Tekoälyn avulla erilaiset sosiaalistavat agentit, vertaisapu ja pelillistäminen voivat tarjota uusia omaehtoisia ja yhteisöllisiä keinoja mielenterveyden parantamiseen.

Tärkeimmät uudistavat arvot liittyvät ajatukseen kehosta temppelinä sekä huoleen omasta tai lähimmäisten hyvinvoinnista ja ikääntymisestä. Yksilöllinen funktionaalinen ravinto ja kokeilunhalu sekä epäluottamus yleisiin suosituksiin ja diognostiikkaan lisäävät omatoimisuuden halua.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Terveellinen ravinto ja muut terveelliset elintavat ovat tärkein terveyden ylläpidon keino. Pääasiallinen näihin liittyvä toimintamalli on koko väestön tasolla tapahtuva tutkimus ja sen perusteella annetut yleiset suositukset ja pakottavammat säädökset. Yleisillä suosituksilla ja normeilla vaikutetaan esimerkiksi elintarviketeollisuuteen ja laitoskeittiöihin sekä ihmisten yksilöllisiin valintoihin. Myös liikkumiseen, nukkumiseen, alkoholin ja huumeiden sekä tupakan käyttöön ja liikennekulttuuriin vaikutetaan säädöksillä ja asennekasvatuksella.

Sairauksien parantaminen on viranomaisten tarkasti valvoman ammattikunnan hoidossa vähäisiä vaivoja ja tartuntatauteja lukuun ottamatta. Byrokratisoidut menettelyt ovat vallitsevia oli sitten kyse laitoshoidosta tai avohoidosta ja lääkityksestä, kuntoutuksesta tai kirurgisista toimenpiteistä. Myös lääkkeiden kehitys ja markkinointi ovat tiukasti säädeltyjä. Diagnostiikka ja siihen perustuvat hoidolliset toimenpiteet ovat lääkärikunnan yksinoikeus ja lääkkeiden jakelu perustuu lääkärien antamiin lääkemääräyksiin. Joiltakin osin sairaanhoitajat saavat suorittaa vastaavia tehtäviä ja apteekit jakavat joitakin itsehoitolääkkkeitä ilman lääkärin määräystä.

Sosiaali- ja terveysalan tehtävissä työskentelee noin 400 tuhatta henkeä. Tähän lukuun kuuluu myös seuraavassa arvonluontiverkostossa käsiteltävä toimintakyvyn palauttaminen. Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen tietojen mukaan Suomen terveydenhuollon menot olivat lähes 20 miljardia euroa vuonna 2015. Tästä julkisen erikoissairaanhoidon osuus oli noin 7 miljardia, julkisen perusterveydenhuollon osuus noin 3.7 miljardia ja lääkkeiden osuus 2.5 miljardia. Loppu koostuu pitkäaikaissairaiden hoitopaikoista sekä yksityisistä terveydenhoidon kustannuksista. Elintarvikealan ja muun elämäntapoihin liittyvän terveyteen liittyvän työn ja kustannusten osuus on vaikeasti erotettavissa muusta toiminnasta.

Tärkeimmät säilyttävät arvot ovat luottamus instituutioihin, yksityisyys, kansanterveysaate ja holhousmentaliteetti sekä ajatus samoista säännöistä kaikille.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Muutoksen tärkeimpinä hyötyinä voidaan pitää yksilöllisyyden kasvua sekä ihmisen itsensä omatoimisuuden kautta että

terveydenhuollon parempaa valmiutta ottaa ihmisen yksilölliset ominaisuudet ja tarpeet huomioon tilastollisten suositusten sijaan. Kun yksilö paremmin ymmärtää oman tilansa ja vaihtoehtonsa, voi hän myös paremmin valita toimintatapansa. Yleiset suositukset eivät useinkaan vakuuta, koska korrelaatiot eivät ole voimakkaita ja hajonta on suurta. Se siis, mikä ei useimmille sovi, saattaa joillekin olla täysin ongelmaton toimintatapa. Yksilöllisyyden ja omatoimisuuden avulla terveydentilan seuranta ja sen ylläpito voivat tehostua ja terveydenhoidon kustannukset laskea.

Omatoimisuuden kasvuun liittyy huuhaa-lääketieteen riski. Väärä tieto voi aiheuttaa haittoja levitessään sekä elintapoihin että lääkintään. Rokotevastaisuus on tästä hyvä esimerkki. Vaarana on myös se, että omatoimisesti asioita selvittäneet potilaat ajautuvat vastakkain yleisiin käypähoitosuosituksiin nojaavan lääkärikunnan kanssa. Potilaiden itsensä suorittamat mittaukset voivat myös aiheuttaa kasvavia vastuita tai kustannuksia pakottaessaan julkisen terveydenhuollon tarkistamaan heille esitetyt väitteet. Jo nyt monet hoitotoimenpiteet käynnistetään vasta potilaan käytyä yksityisen terveydenhuollon vastaanotolla tutkimuksissa, joista julkinen terveydenhuolto on kieltäytynyt. Tutkimuksen osoitettua potilaan epäilyt todeksi, on julkinen terveydenhuolto ikään kuin tullut tietoiseksi ongelmasta ja potilas on päässyt hoidon piiriin. Tämä kehitys tullee omatoimisuuden lisääntyessä voimistumaan.

Omatoimisuuden riskeihin liittyy myös yksityisyyden katoaminen, kun sellaiset mittalaitteet leviävät laajasti ihmisten käyttöön, joilla oman kehon tilan lisäksi voi selvittää yksityiskohtia muiden ihmisten kehon ja mielen tilasta sekä elintavoista. Tulevaisuuden riskeihin kuuluu myös lääkinnällisten aineiden valmistus omien tarpeiden lisäksi muita ihmisiä ja ympäristöä haittaamaan.

Kehitystä hidastaa tottumus valmisruokiin ja laitoskeittiöihin. Kunnollinen valmius yksilöllisen ravonnon tuottamiseen on vain kotitalouksilla. Auktoriteettimerkitykset ovat vahvoja ja itsediagnostiikan tottumus tai välineistö on kehittymätöntä. Viranomaiskäytännöt ja sääntely eivät tue muutosta.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Esimerkkejä nousevista ammateista ovat DNA-analyytikko, mikrobiome-neuvoja, itsediagnostiikkavälineitä opastava puoskari, biokonsultti ja diagnostiikkavalmentaja, itsediagnostiikkatarkastaja, välinehuoltaja, digiterapeutti, implanttiasentaja, digitatuoija, biosalapoliisi ja bioriskien kartoittaja.

Muutoksen säädöstavoitteet: Lääkäreiden julkisrahoitteiset tietolähteet tulisi saattaa avoimeksi dataksi. Itsediagnostiikan ohjeistusta tulisi kehittää ja itsediagnostiikassa käytettäviä laitteita tulisi testata ja tarkastaa. Väestön DNA-testausta tulisi kehittää ja suosia. Ravintosuositukset tulisi sitoa tietoon ihmisen perimästä ja tähän tulisi kehittää yhteiskunnan toimesta pelillisiä välineitä. Lääkärin, potilaan ja apteekin vastuurajoja tulisi uudistaa huomioon ottaen itsediagnostiikan kehitys. Laitevalmistajien vastuut tulisi määrittää itsediagnostiikkaan liittyen.

Kansalliset erityispiirteet: ??

https://www.thl.fi/fi/tilastot/tilastot-aiheittain/sosiaali-ja-terveydenhuollon-talous/terveydenhuollon-menot-ja-rahoitus

1.13 Toimintakyvyn palautus

Arvonluontiverkoston rajaus: Tavoitteena on ihmisen toiminnallisten puutteiden kompensointi apuvälineiden ja toimintaympäristön helpottamisen keinoin. Rajauksen sisään kuuluvat lastenhoito ja vanhusten sekä vammaisten koti- ja laitoshoito sekä erilaiset proteesit ja muut apuvälineet, mukaan lukien silmälasit ja hammasproteesit. Rajauksen ulkopuolelle jäävät edellisen arvonluontiverkoston mainitsemat terveyden palauttamisen keinot.

Tärkeimmät arvot ovat toimintakyky arjessa, kustannukset yhteiskunnalle ja elossa pysyminen. Toimintakyky arjessa voidaan saavuttaa itsenäisesti tai jatkuvan hoidon avulla. Kustannukset yhteiskunnalle voidaan laskea yhteiskunnan korjaavan panoksen tai menetetyn työkyvyn ja elinvuosien kautta. Elossa pysyminen saattaa vakavasti sairaiden tapauksessa olla hoitavan organisaation tavoite ilman, että se on yksilön itsensä tavoite.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Valtaregiimin toiminta perustuu yhteiskunnan tukemaan laitoshoitoon, kotiavustajiin, omaishoitajiin ja yksinkertaisiin proteeseihin sekä pyörätuoleihin ja muihin apuvälineisiin. Uusia mahdollisuuksia avaavat robotiikka, etiäiset, tekoäly, keinoelimet ja joukkoistus.

Lähes kaikki ihmiset kokevat eläessään erilaisia näkökyvyn heikennyksiä. Optiikan ja optoelektroniikan kehitys on tuonut mahdollisuuden korjata osan värisokeudesta. Yhä parempien silmälasien ja piilolasien lisäksi kyetään korjaamaan itse silmää ja lisäämään keinotekoisia silmähermoja, keinotekoinen retina ja keinotekoinen linssi, joiden kyvyt tulevat ainakin osittain ylittämään ihmisen luonnolliset kyvyt.

Näkövammaisten käytössä on jo nyt mm. konenäön sovelluksia, joiden avulla he tunnistavat esineitä, tiloja, kulkuväyliä ja ihmisten ilmeitä. Sovellukset voivat selostaa puhumalla, mitä näkövammaisen edessä kulloinkin on tai ohjata kulkua tuntoaistin avulla. Kuulovammaisille on vastaavia välineitä, jotka näyttävät mikrofonin kuuleman puheen tekstinä tai visualisoivat äänet muulla tavoin. Myös kuulolaitteet kehittyvät ja sisäkorvaimplantteja on jo kehitetty.

Jalka- ja käsiproteesit ovat robotisoitumassa ja ne voidaan kytkeä ihmisen hermostoon tai jopa aivoimplantilla aivoihin siten, että niiden liikkeet noudattavat ajatuksia. Heikkolihaksisille ja osittain halvaantuneille on jo tarjolla robottijalkoja, jotka puetaan päälle ja ne vahvistavat kehon omia liikkeitä. Halvaantuneille on myös onnistuneesti kokeiltu hermoimplantteja, joiden avulla hermosignaali on saatu kulkemaan vaurioituneiden hermoston osien ohi.

Sydämentahdistimet ovat tavallisia, mutta monia muita keinoelimiä kehitellään parhaillaan. Keinohaima esimerkiksi tuottaa kehoon reaaliaikaisesti sopivan määrän insuliinia. Sydämen ympärille suunnitellaan vahviketta, joka tukee heikon sydämen lihastoimintaa. Keinolihaksia kehitetään ja ihon alaisia mittalaitteita sekä lääkeannostelijoita.

Lapsilla ja vanhuksilla sekä muilla henkiseltä toimintakyvyltään rajoittuneilla voi jo nyt olla ranneke tai kännykkä, jolla he pyytävät ongelmatilanteissa apua.

Tulevaisuudessa heillä ja täysin toimintakykyisillä aikuisillakin voi olla henkilökohtainen tekoälyavustaja, joka seuraa ihmisen toimintaa ja varoittaa vaaroista sekä muistuttaa menneistä ja tulevista tapahtumista. Tällainen avustaja voi seurata liikennettä ja muuta ympäristöä, kehon toimintaa ja muiden ihmisten toimintaa.

Tärkeimmät uudistavat arvot ovat kokeilukulttuuri, hyvä elämä, aktiivinen vanhuus ja omatoimisuus sekä laitoshoidon suuri kustannus.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Nykytilanteessa heikkojalkaisille vanhuksille annetaan rollaattori ja nuoremmille liikuntarajoitteisille motorisoitu pyörätuoli, mikäli toimintakykyä ei kuntoutuksella tai kirurgisin toimin voida palauttaa. Proteesit ovat harvoin robotisoituja, ja toimintakyvyn menetyksestä seuraa hyvin usein eläkkeelle siirtyminen sekä laitoshoito. Toimenpiteet ovat ohjeistettuja ja yhteiskunnan pääosin kustantamia. Uusia keinoja kokeillaan vain vähän eikä niistä laajasti tiedetä.

Yhteiskunta ohjaa hyvin paljon rahaa esteettömään rakentamiseen ja muuhun esteettömyyteen sekä toimintakykynsä menettäneiden henkilökohtaiseen avustamiseen ja laitoshoitoon, mutta varsin vähän toimintakyvyn palauttamiseen uudenlaisten apuvälineiden avulla.

Erilaiset toimintakyvyn puutteet ja rajoitteet koskevat kaikkia ihmisiä heidän elämänsä eri vaiheissa. Sosiaalipalveluiden suorat kustannukset ovat noin 7 miljardia, jotka pääosin aiheutuvat tässä arvonluontiverkostossa tarkoitetuista toimintakyvyn puutteista. Näiden lisäksi toimintakyvyn puutteet aiheuttavat muita kustannuksia. Yksin kotien ja vapaa-ajan tapaturmien välittömät kustannukset ovat lähes miljardi euroa huomioimatta hengenmenetyksien laskennallisia kustannuksia.

Suurimpana yksittäisenä kustannuksia aiheuttavana toimintakyvyn puutteena on mainittava dementia, jonka kokonaiskulujen arvioidaan olevan noin 4 miljardia. Työkyvyttömyyden aiheuttamat tulonmenetykset ovat noin 8 miljardia euroa. Apuvälineiden osuus kaikista kustannuksista on niin vähäinen, ettei se erotu tilastoissa omaksi ryhmäkseen vaan on ryhmitelty selkeästi vähäiseksi osaksi lääke- tai tarvikekustannuksia. Esteettömyys nostaa rakennuskustannuksia ja voi laskentatavasta riippuen nousta 100-200 miljoonaan vuositasolla.

Nykyistä toimintamallia säilyttäviä arvoja ovat holhoaminen, tasa-arvoinen kohtelu tarpeenmukaisen sijaan ja hengissä pitämisen ensisijaisuus mahdollistamisen sijaan.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Muutoksen tärkeimmät hyödyt ovat omatoimisen selviämisen lisääntyminen, elämänlaadun kohentuminen, laitostumisen väheneminen, tapaturma-alttiuden väheneminen ja työkyvyn palauttaminen. Uudet apuvälineet vähentävät myös esteettämän rakentamisen ja henkilökohtaisen avun tarvetta. Hyödyt koskevat kaikkia avuntarvitsijaryhmiä ja ulottuvat koko yhteiskuntaan.

Muutoksen suurimpina riskeinä voidaan pitää sen nopeutta ja kokeellisia keinoelimiä sekä tekoälyn yllättäviä vaikutuksia. Myös kyberuhkiin tulee kiinnittää huomiota, mikäli ihmisen toimintakyvylle olennaiset laitteet ovat verkkohyökkäyksille alttiita.

Esimerkiksi 2017 tietoturvariskien vuoksi takaisinkutsutut jo asennetut sydämentahdistimet herättävät pohteita. Tekoälyn antamat väärät ohjeet tai keinohaiman mahdollisesti antama ylisuuri insuliiniannos aiheuttavat hengenvaaran.

Muutosta hidastaa hoidon sitominen julkiseen tiukasti säädeltyyn ja konservatiiviseen toimintaan, jonka tärkein arvo on normien täyttäminen. Ihmiset alistuvat helposti etenkin toimintakykynsä heikentyessä. Näkyviä apuvälineitä saatetaan myös karsastaa, jos ne ovat uudentyyppisiä. Robottijaloin tai kameran avustuksella kulkeva ihminen saattaa ajatella joutuvansa ikäviin tilanteisiin.

Toimialan julkispainotteisuus, holhoavuus ja saattohoitomainen mentaliteetti eivät ole omiaan edistämään uusien innovaatioiden käyttöönottoa elämänlaadun parantamiseksi. Uusien apuvälineiden omaksuminen ei kunnolla kuulu kenenkään keskeisen toimijan ammatti-identiteettiin. Lääkärikunnan on paljon helpompi perehtyä uusiin lääkkeisiin suuren lääketeollisuuden sitä edistäessä kuin uusiin varsin heikosti edustettujen ja pienten apuvälineyritysten tuotteisiin.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Nousevia ja uusia ammatteja ovat mm. proteesinsäätäjä, proteesitulostaja, AI-avustajan ja AI-valvojan ohjaaja, etiäislähiavustaja, etiäiskauko-ohjaaja, keinoelinkasvattaja, keinoelintarkastaja ja aivoimplanttien konfiguroija. Uudet ammatit liittyvät apuvälineiden säätämiseen, konfigurointiin ja sovittamiseen sekä etiäisavustustyöhön ja keinoelimiin.

Muutoksen säädöstavoitteet: Tärkeimpiä säädöstavoitteita ovat yleinen apuvälineiden aseman kohentaminen suhteessa mm. esteettömään rakentamiseen ja erityisesti robottijalkojen edistäminen, varhaisen dementian avustaminen tekoälyn keinoin, kuntoutuksen digitalisointi ja pelillistäminen, joukkoistusavun alustojen tukeminen, etiäisapuvälineiden sisällyttäminen tuen piiriin sekä näkövammaisten tekoälyyn ja laajennettuun todellisuuteen liittyvien avustimien edistäminen.

Kansalliset erityispiirteet: ??

http://www.thl.fi/attachments/tapaturmat/tapaturmatilanne_liite3.pdf

https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/134862/Tr26_17.pdf?sequence=4

1.14 Havaitseminen/tieto

Arvonluontiverkoston rajaus: Tämän arvonluontiverkoston tarkoitus on tuottaa ihmiselle luotettavaa tietoa häntä kiinnostavista asioista. Rajauksen sisään kuuluvat sekä yksilön omat suorat havainnot ja mittatiedot että muilta ihmisiltä tai median kautta saadut tiedot. Rajauksen ulkopuolelle jäävät proseduraaliset taidot ja kyky kokonaisuuksien hahmotukseen. Tiedoilla tarkoitetaan kaikkia mahdollisia havaintoja ja tulkintoja näistä mukaan lukien ihmisten keksimät tarinat ja virtuaalitodellisuuden tapahtumat.

Tärkeimmät arvot liittyvät tiedon relevanssiin, uskottavuuteen ja yllättävyyteen. Tiedon relevanssi liittyy tiedon tarvitsijan tilanteeseen ja tarpeisiiin. Uskottavuus voi syntyä tietolähteen auktoriteetista tai esitystavasta ja yllättävyys johtaa uhkien ja mahdollisuuksien uudelleentarkasteluun.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Valtaregiimin mukainen tieto saadaan organisaatioiden keräämänä ja median julkaisemana. Luotettavuus perustuu siihen, mikä organisaatio tiedon välittää. Suoria aistihavaintoja saamme vain silmämääräisesti lähipiiristä ja harvoina kokemuksina elintarvikkeista ja tavaroista, mutta meillä on taipumus luottaa esimerkiksi televisiosta näkemäämme kuvaan ikään kuin itse olisimme kuvan esittämän tapahtuman nähneet.

Maailma on muuttumassa. Joukkoviestimiltä vaikuttavat viestit saattavat saapua vain meille yksilöllisesti. Monet joukkoviestimet välittävät tarkoituksella tai tietämättään väärää tietoa. Tavoitamme itse helposti suuren joukon ihmisiä monenlaisten vertaisviestimien avulla ja voimme keskustella viestien sisällöstä. Hakukoneet ja tekoälyt auttavat myös arvioimaan kunkin saamamme viestin totuudellisuutta. Lähiympäristöstä ja muista meitä kiinnostavista asioista saamme runsaasti hakutuloksia erilaisilla hakukoneilla. Mittalaitteilla voimme tutkia lähistöllä olevia asioita ja voimme verrata niitä yhteistyöverkostoissa muiden samoista asioista kiinnostuneiden ihmisten kanssa.

Mittalaitteet kehittyvät ja kuluttajistuvat nyt nopeasti. Optisin keinoin voidaan tunnistaa materiaaleja ja muita ainekoostumuksia. Esimerkiksi infrapunaspektrometri on jo saatavana sekä älypuhelimen lisävarusteena että vakiovarusteena. DNA-lukijat muuttuvat tulevaisuudessa kotitaloustarvikkeiksi ja monet muut optiset ja biomekaaniset sekä elektroniset laitteet tekevät meille hyvin helpoksi tunnistaa ravinnossa, ympäristössä ja vaikkapa muiden ihmisten hengityskaasuissa olevia aineita, rakenteissa olevia heikkouksia tai ihmisten perinnöllisiä ominaisuuksia.

Tekoälyn avulla meidän on mahdollista erottaa kasvojen ilmeistä ja eleistä taipumuksia, aikomuksia ja tunteita. Joukkoistus tuottaa verkkoon kuvia lähes kaikista ihmisistä, paikoista ja kiinnnostavista tilanteista. Hakukoneiden ja sosiaalisen median avulla löydämme alkuperäislähteitä ja saamme niihin suoran yhteyden. Alustojen tilastoista näemme myös kuinka laajasti asiat ovat kiinnostaneet. Maastoa kartoittavat joukkoistetut kamerat kertovat marjapaikat, sienten sijainnit ja helpot kulkureitit. Vertaiskokemukset kertovat meille myös hotellien, ravintoloiden, virastojen ja lukuisten muiden palveluiden sekä erilaisten tavaroiden laadun.

Väärän tiedon jakaminen muuttuu yhä helpommaksi. Videofilmi voidaan jo vähin resurssein väärentää siten, että kohteeeksi valittu ihminen tekee ja puhuu asioita, joita hän ei todellisuudessa koskaan tekisi. Väärän tiedon havaitseminen vääräksi on myös entistä helpompaa, mikäli tietoa osataan epäillä vääräksi. Sosiaalisen median avulla perinteisen median ja vallanpitäjien virheet tulevat näkyviin aiempaa paremmin. Toisaalta sosiaalisen median ja hakukoneiden avulla on mahdollista kietoutua virheellisten tietojen ympäröimäksi, jos kyky erottaa vääristelty ja harhaanjohtava tieto todesta on heikko.

Tärkeimmät muutosta edistävät arvot liittyvät ihmisen sosiaaliseen uteliaisuuteen sekä kiinnostukseen lähialueistaan. Ilmiötä lisää myös epäluulo auktoriteetteja kohtaan. Uudistushakuisuus ja pelot sekä normaali varovaisuus lisäävät ihmisten halua selvittää asioita itse.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Pääosa ihmisten saamasta tiedosta tuotetaan nykyisin perinteisen median, tutkimuslaitosten, viranomaiskoneiston ja oman silmämääräisen havainnoinnin avulla. Sosiaalisen median kautta saatu tieto on enimmmäkseen perinteisen median ensin välittämää ja kyse on lähinnä mielipiteiden vaihdosta koskien median julkaisemaa toimituksellista tietoa tai mediassa esiintyneiden ihmisten käyttäytymistä ja mielipiteitä.

Perinteinen media julkaisee toimittajiensa ja avustajiensa laatimia juttuja. Pääpaino on ajankohtaisilla asioilla. Media hankkii tietonsa lähes aina asiantuntijoilta, julkisen vallan ja yritysten edustajilta. Osa tiedosta on puettu viihteen asuun. Esitysteknisin keinoin saadaan tiedot tuntumaan tärkeiltä, vaikka ne eivät koskettaisi ihmisen omaa tilannetta tai elinpiiriä. Medialle keskeistä on edelleen kanavakilpailu eli kilpailu niistä lukijoista ja katsojista, jotka seuraavat kyseistä mediaa. Tuotteiden ja palveluiden myyjille sekä erilaisten aatteiden edistäjille moninaisissa sisältökanavissa mainonta ja esiintyminen ovat edelleen tärkein viestinnän keino. Tiedonvälityksen rahoittaa osin viestin lähettäjä esimerkiksi mainosrahoitteisissa tai julkisen vallan verovaroin tuottamissa medioissa ja osin vastaanottaja itse.

Tutkimuksellinen tieto syntyy tutkimuslaitoksissa, tuotekehitystä tai markkinatutkimusta tekevissä yrityksissä ja viranomaistoiminnan sekä säädeltyjen toimialojen yritysten viranomaiselle kerääminä. Julkisin varoin kerätty tieto on yhä useammissa tapauksissa niin kutsuttua avointa dataa ja yksityisten toimijoiden jatkojalostettavissa. Karttatieto on tästä hyvä esimerkki. Suurin osa julkisin varoin kerätystä tiedosta ei kuitenkaan käytännössä ole saatavilla, koska se sisältää yritysten ja kansalaisten luottamuksellisina pidettäviä asioita tai tietoja ei muusta syystä ole haluttu luovuttaa laajempaan käyttöön.

Ihmiset viettävät Suomessa aikaa erilaisten medioiden parissa 7,5 tuntia vuorokaudesta. Merkittävä osa tästä on viihdettä. Informaatio- ja viestintäpalveluala työllisti Palvelualojen työnantajien mukaan 100 tuhatta henkeä vuonna 2016 ja sen tuotos oli noin 20 miljardia euroa. Valtion suora rahoitus tutkimuslaitoksille on noin kaksi miljardia. Tämä ei sisällä yritysten ja kuntien itse rahoittamaa tutkimustyötä eikä normaalia viranomaisten tekemää ja yritysten velvoitteeksi määräämää tiedonkeruuta tai yritysten myyntitarkoituksissa ja omia tarkoituksiaan palvelemaan keräämää tietoa. Tietojen kerääminen kuuluu osana lähes kaikkeen työntekoon.

Nykyistä valtaregiimiä säilyttäviä arvoja ovat ennen kaikkea auktoriteettiusko, riippuvuus nykyisistä tietolähteistä sekä uutisten ja tietojen luonne rauhoittavana viihteenä, kun ongelmat ovat entisenlaisia ja etäällä omasta arjesta.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Kun ihminen saa välittömästi omaan lähiympäristöönsä liittyvää ajantasaista tietoa, on sen relevanssi huomattavan suuri verrattuna yleiseen ja ajoittain kerättyyn tietoon. Tiedot omaan kehoon, elintarvikkeisiin ja ympäristöön liittyen auttavat ymmärtämään konkreettisia

tapahtumien syitä ja seurauksia ja välttämään haittoja tavalla, johon yleiset tilastoihin perustuvat suositukset eivät kykene. Selkeä tieto muista ihmisistä helpottaa vuorovaikutusta heidän kanssaan ja suora pääsy havaintoihin ja tietojen alkuperäislähteille sekä tietoarkistoihin ja vertaiskokemuksiin parantavat käytettävissä olevien tietojen laatua sekä niiden uskottavuutta. Mahdollisuus valita itse saamansa tiedot ja niiden esitystapa vähentää vaaraa siitä, että erilaiset välikädet, olivatpa he tutkijoita, viranomaisia tai kauppiaita, muokkaisivat tietoja tai karsisivat niitä palvellakseen omia tarkoitusperiään.

Muutokseen liittyy paljon riskejä. Omatoiminen tiedonhaku lisää vaaraa siitä, että ihmiset ryhmäytyvät vahvistamaan toistensa virheellisiä käsityksiä. Monien alustojen globaali luonne kasvattaa myös riskiä ulkopuolisten tahojen puuttumisesta tiedon kulkuun. Systemaattinen vieraiden valtiollisten toimijoiden suorittama viestinnän vääristely ja häirintä ovat jo merkityksellistä toimintaa. Riskinä on myös pidettävä sitä, ettei ihmisillä aina ole kykyä tulkita suoria havaintojaan tai asettaa niitä mittasuhteisiin. Myös omatoimisessa tiedonhankinnassa käytetyt välineet saattavat olla viallisia tai heikkolaatuisia ja alkuperäisiksi luullut tietolähteet väärennettyjä.

Muutosta hidastaa addiktio olemassaoleviin tietolähteisiin ja rutiinimaiseen toistoon. Sosiaaliset verkostot ja niissä käyty keskustelu pakottavat osalliset seuraamaan valtavirtaa. Tiedon keräily- ja jakelutavat ovat vakiintuneita ja monelta osin viranomaisten normittamia ja julkisin varoin tuettuja. Tekoälyn ja henkilökohtaisten agenttien yleistymistä hidastaa Suomen pieni kielialue.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Muutoksen seurauksena vahvistuvia ja uusia nousevia ammatteja ovat esimerkiksi Big Data -analyytikko, mittalaitetarkastaja, tekoälykasvattaja, virtuaaliopas, sieni- ja marjaetäopas, superkykyvalmentaja, digimateriaalin tuottaja, valheenpaljastaja ja faktantarkastaja.

Muutoksen säädöstavoitteet: Kuluttajien valmiuksia vaarojen tunnistamiseen itse tulisi lisätä samoin kuin vastuuta elintarvikkeiden, oman kehon tilan ja ympäristön valvonnasta. Viranomaistoimintaa tulisi siirtää tätä havainnointia tukemaan sen sijaan, että reguloidaan ja valvotaan tuotantomenetelmiä. Kiinteistöjen, kuntien ja maatilojen tulisi tuottaa IoT-laitteiden avulla tietoja Big Data -analytiikan sekä kansalaisten ja yritysten paikkatietosovellusten tarpeisiin. Joukkoistetun tiedon alustojen vastuuttamista esitettyjen tietojen laadun varmistamiseksi tulisi selvittää. Tarkoituksellinen harhaanjohtaminen tosiasioita selkeästi vääristelemällä niin poliittisessa, taloudellisessa, sotilaallisessa kuin uskonnollisessa tarkoituksessa tulisi sanktioida. AI-assistentit tulisi rinnastaa proteeseihin eikä niiden käyttöä saisi voida estää yksityisyyteen tai muihin oikeuksiin vetoamalla.

Kansalliset erityispiirteet: Suomi on pieni kielialue. Tekoälyn tutkimus on korkealla tasolla, koulutustaso on korkea ja tietoteknisen infrastruktuurin taso korkea.

https://www.palta.fi/informaatio-ja-viestinta-22017/

1.15 Osaaminen/ymmärrys

Arvonluontiverkoston rajaus: Tämän arvonluontiverkoston tärkein päämäärä on tarpeenmukainen osaaminen ja sen näyttö. Rajauksen sisään kuuluvat proseduraaliset taidot ja kyky kokonaisuuden hahmotukseen sekä yleinen kyky tarvittavien tietojen hankkimiseen. Ymmärryksestä puhutaan usein sitä osaamista tarkoitettaessa, josta tässä puhutaan sekä niistä rakenteista, joiden avulla jotakin asiaa ymmärtämätön kykenee vakuuttumaan siitä, että toinen ihminen hallitsee siihen tarvittavat tiedot ja taidot. Rajauksen ulkopuolelle jää tietolähteistä ja havainnoimalla saavutettavissa oleva tieto ja siitä koostetut yhteenvedot.

Tärkeimmät arvot liittyvät normatiivisiin vaatimuksiin, merkitysten ymmärtämiseen sekä proseduraalisiin ja menetelmällisiin taitoihin. Lukuisiin ammatteihin vaaditaan määrätty koulutus tai näyttötutkinto, toisiin riittää muutoin osoitettu ammattitaito. Monet proseduraaliset taidot ovat laajan harjoittelun ja taipumusten yhdistelmä ja ne ulottuvat voimalajeista suunnittelutaitoihin. Merkitysten ymmärtämiseksi on tunnettava kokonaisuus ja siihen liittyviä vuorovaikutuksia, mutta kyettävä myös hahmottamaan kulloinenkin tilanne.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Oppilaitoksissa tapahtuva opettaja-, lukemis- ja kirjoitustehtäväkeskeinen koulutus on perinteisesti ollut tärkein osaamisen ja ymmärryksen tuottaja. Tietotekniikka on mahdollistanut oppimateriaalien laajan saatavuuden lisäksi opetustilanteiden ajasta ja paikasta riippumattoman seurannan.

Opetuksesta voidaan yhä useammin siirtyä oppimiseen yrityksen ja erehdyksen avulla simulaattoreiden avulla, joissa omia taitoja ja havaintokykyä voi kokeilla oppimisen kannalta kulloinkin sopivalla vaativuustasolla. Tekoäly voi korjata suoritusta ja tarjota oppimiselle riittävästi motivoivia virikkeitä. Tekoäly ja simulaattorit voivat myös todistaa riittävän osaamisen.

Tietoverkoissa on sekä maksullisina että maksuttomina koulutuksina ladattavissa kouluaineiden ja yliopistokurssien luennot, harjoitukset ja oppimateriaalit lukuisten eri oppilaitosten, kaupallisten organisaatioiden ja kolmannen sektorin toimijoidden toteuttamina. Erityisen laajaa tarjonta on englannin kielellä. Monet oppilaitokset tarjoavat verkkokurssit maksutta seurattaviksi, mutta veloittavat tutkinnoista.

Monet oppilaitokset ovat ainakin osittain siirtyneen niin kutsutun käännetyn opetuksen malliin, jossa luennot on korvattu itsenäisesti katsottavilla opetusvideoilla. Harjoitustehtävät ja ryhmätyöt suoritetaan valvotusti koulussa. Kun harjoitukset tehdään tietokoneilla, on harjoituksia valvovan ohjelmiston mahdollista kiinnittää opettajan huomiota niihin oppilaisiin, jotka tarvitsevat opettajan erityishuomiota. Sama valvova ohjelmisto voi ohjata muita itsenäisessä oppimisessa.

Simulointi ei ole opetusmenetelmänä uusi, mutta sitä on käytetty verrattain vähän. Tietokoneiden ja ohjelmistojen kehittyessä simulointi tarjoaa mahdollisuuden havainnoida yhä useampien eri ilmiöiden dynamiikkaa ja kausaalisuhteita. Oppilas voi mennä ilmiön sisään, vaikuttaa tapahtumiin ja katsoa, mitä sen seurauksena tapahtuu. Fysiikan ja kemian lisäksi voidaan simuloida ihmisten ja talouden vuorovaikutuksia, luonnonilmiöitä, koneiden toimintaa ja historian tapahtumia. Kun

simulaatioista tehdään pelillisiä ja annetaan oppilaille tavoitteita, tapahtuu pelien kaltaista nopeaa ja motivoitunutta oppimista ilmiöiden syvällisellä tasolla.

Simulointiin ja asioiden hahmottamiseen auttavat myös uudet havaintovälineet. Virtuaalilasien avulla voidaan tutkia tiloja ja tapahtumia kolmiulotteisesti. Virtuaalimaailmassa tapahtuva asioiden siirtely vaikuttaa astetta todellisemmalta kuin samojen asioiden katsominen kuvaruudulta. Monet asiat muuttuvat helpoiksi hahmottaa, kun ne nähdään luonnollisella tavalla. Laajennetun todellisuuden lasit auttavat myös oppimista ja simulointia näyttämällä havainnevälineitä ja niiden liikkeitä virtuaalisesti useille ihmisille samanaikaisesti heidän normaalissa ympäristössään.

Käsillä tekemistä laajennetun todellisuuden lasit opettavat paremmin kuin mikään aiempi tapa. AR-lasit voivat esimerkiksi näyttää pianonsoiton opiskelijalle haamukädet oikeassa asennossa juuri siinä, missä käsien kulloinkin tulisi olla. Erilaisten kuvantamisvälineiden avuustuksella lasit voivat myös näyttää ympäristön tilan, jolloin oppilas voi itse yhdistää havaintojaan tähän tietoon ja hahmottaa ongelmat itsenäisesti.

Tekoäly ja monet uudet mittalaitteet ja hakukoneet vähentävät osaamistarvetta. Osaamista ei ole yksin se, että esimerkiksi taitaa jonkin vieraan kielen kieliopin hyvin vaan myös se, että osaa käyttää mahdollisimman tarkoituksenmukaisia työkaluja kielentarkistukseen. Osaaminen muuttuu entistä enemmän kokonaisuuksien ja merkityksien sekä työvälineiden hallinnaksi.

On ilmeistä, että osaaminen kerätään tulevaisuudessa yhä useammasta eri lähteestä ja se myös vanhenee. Perusopetuksessa tärkeimmäksi tulevaisuuden menestyksen kannalta tulee oppimaan oppiminen ja osaamistarvetta vähentävien työvälineiden käyttö. Koulutuksen tarjoavien laitosten antamat tutkiinnot voidaan korvata näyttötutkinnoilla, jotka mittaavat hankittua osaamista oppilaitoksen hyväksymien kurssisuoritusten sijaan. Näyttötutkintojen ei tulisi olla riippuvaisia siitä, onko jonkin tutkintoalalle hyväksytyn oppilaitoksen oppilas. Tutkintojen sijaan erilaiset muut näytöt, kuten yksityisiin mikrotutkintoihin liittyvät sertifikaatit, vertaisarviot, asiakasarviot ja työnnäytteet sekä kilpailut ovat jo muuttuneet aiempaa tärkeämmiksi osaamisen arvioinnin menetelmiksi.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Koulu ja opiskelu eivät viimeisen sadan vuoden aikana ole muuttuneet kovinkaan paljon, vaikka monet alan ammattilaiset toisin väittävät. Oppikirjat, harjoitustyöt, luennot ja keskustelut olivat opetuksen tapoja jo Platonin aikana. Opettajat, lehtorit ja professorit ovat tässä mallissa auktoriteetteja, jotka omaavat parhaan tiedon ja arvioivat oppilaan osaamisen. He pyrkivät välittämään oman ymmärryksensä opettamistaan asioista oppilailleen.

Oppivelvollisuutta ylempiin oppilaitoksiin pyritään opiskelemaan edellisen tason todistusten, ylioppilaskokeen ja pääsykokeiden avulla. Opiskelemaan hyväksytyt saavat suoritustensa perusteella tutkintotodistuksen osaamiseensa näytöksi ja oikeuden käyttää oppilaitoksen myöntämää oppiarvoa. Joitakin opintojen osia on mahdollista korvata muualla hankitulla ja näytetyllä osaamisella tai toisissa

oppilaitoksissa suoritetuilla kursseilla. Osaamisen näyttäminen oppiarvon saamiseksi ei pääsääntöisesti ole muulla tavoin mahdollista.

Monet opettajat, lehtorit ja professorit ovat jo ikääntyneitä eivätkä ole kovinkaan laajasti uudistaneet osaamistaan sen jälkeen, kun joku toinen ikääntynyt professori heitä nuorena alan tietoihin opetti. Opetustehtävien traditio on omiaan takaamaan sen, että opetuksen sisällöt ovat vanhakantaisia ja tämä näkyy opetuksessa. Tutkimustyön ja opetuksen yhdistäminen korjaa tätä vain kapea-alaisesti.

Monet hankkivat pääosan taidoistaan ja ymmärryksestään ammatissaan. Osa taidoista on yleistettäviä, mutta erikoistumisen myötä yhä suurempi osa osaamisesta on organisaatiokohtaista ja hyödyllistä vain siinä organisaatiossa ja sen aikaisessa teknologiaympäristössä, jossa se on hankittu.

Opetus- ja kulttuuriministeriön osuus valtion budjetista on 6.6 miljardia euroa. Selkeästi suurin osa rahasta suuntautuu opetuksen järjestämiseen. Yhdessä kuntien rahoitusosuuden kanssa suora panostus opetukseen on yli 6 miljardia euroa. Tähän verrattuna panostus yksityiseen koulutukseen ja työssä oppimiseen on marginaalinen. Pääasiallisesti opetustehtävissä Suomessa on lähes sata tuhatta ihmistä. Tutkintoon koulutettuja on lähes 1.3 miljoonaa ja opiskelijoita eriasteisissa oppilaitoksissa 1.4 miljoonaa.

Tärkeimmät säilyttävät arvot liittyvät tutkintovaatimuksiin, opettajakunnan sisäänpäinkääntyneisyyteen, titteleiden ja oman vanhan osaamisen arvostukseen, todellisuudesta vieraantumiseen, etujärjestövetoisuuteen ja autoritaariseen instituutioiden arvostukseen.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Tärkein muutoksen hyöty on oppimisen tehostumisessa. Tätä edistää mahdollisuus yksilölliseen etenemiseen, välittämään palautteeseen ja oman kiinnostuksen mukaisiin aiheisiin ja oppimismenetelmiin. Muutoksen merkittävänä hyötynä on pidettävä mahdollisuutta sisältöjen modernisointiin opettajakunnnan uusiutumiskykyjä nopeammin. Hyödyllisenä on myös pidettävä koko ikäluokkia tarkastellen opittujen asioiden monipuolistumista, oppimisen keinojen ja osaamistarvetta vähentävien välineiden hallinnan paranemista.

Tutkintojen myöntäjien ja opettavien laitosten erottamisen tärkein hyöty on irtautuminen pääsykokeista elämää määräävänä tekijänä sekä mahdollisuus hankkia osaaminen verkossa opiskelemalla omaan oppimistyyliin parhaiden mahdollisten materiaalien avulla. Erityisen tärkeänä hyötynä voidaan pitää tässä avautuvaa mahdollisuutta työssä oppimisen laajentamiseen ja yksityisen sektorin roolin lisäämiseen opetuksen ajanmukaistamisessa.

Riskinä muutokseen liittyy opettajakunnan muutoshaluttomuus ja osaamattomuus. Uudenlaisten oppimismahdollisuuksien järjestämisosaaminen puuttuu, kuten myös taito ottaa selville, mikä todellisuudessa on sitä osaamista, josta ihmiselle olisi yhteiskunnan jäsenenä ja oman hyvinvointinsa kannalta mahdollisimman paljon hyötyä. Osittain oppilaitokset ovat suuntaansa muuttaneet, mutta kokonaisuutena ja mahdollisuuksiin nähden muutos on ollut marginaalinen.

Muutoksen hidasteina tulee korostaa opettamisen syvään juurtunutta laitosmaista kulttuuria, oppilaitosten paikkasidonnaisuutta ja tutkintojen suurta merkitystä työhönotossa. Regulaatiot joko nopeuttavat tai hidastavat muutosta, mutta professorikunnan ja muun opettajakunnan sekä järjestöjen suuren vallan kanssa vaikutus lienee selkeästi hidastava. Opettajakunta ei hallitse uutta tekniikkaa eikä kunnollisia keinoja sen käyttöönottoon ilman vastuurajojen ja opetuksen muiden keinojen sekä tavoitteiden laajaa uudistumista kunnolla ole kuin yksityisellä sektorilla, jolta taasen puuttuvat sekä rahoitus että oikeudet tutkintojen myöntämiseen.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Muutoksen myötä nousevia ja uusia ammatteja ovat esimerkiksi keinoälykatsastaja, AI-psykologi, AI-avusteinen kyborgi, pelillistäjä, simulaatiotuottaja, simulaatiokehittäjä, osaamisentarkastaja, etävalmentaja, etäoppimismentori ja somemaineen parantaja.

Muutoksen säädöstavoitteet: Muutoksen edistämiseksi tutkintojen vaatima osaamisen näyttö tulisi irrottaa opetuksesta ja oppilaitoksien pääsykokeista. Kaikki julkinen opetus tulisi tuottaa MOOC-alustalle. Kaikki perusopetus tulisi muuttaa käänteiseksi opetukseksi ja tähän liittyen opettajien toimenkuvat, tuntikehykset, oppimateriaalin laadinnan periaatteet tulisi muuttaa. Simuloinnin ja pelillistämisen keinoja tulisi lisätä opetuksessa ja opetuksen sisällöt tulisi uudistaa ja sisällöt tulisi säännöllisesti arvioida opettajakunnan ulkopuolisten toimijoiden avulla. Julkisen opetuksen oppimateriaalit tulisi saada vapaaksi ja harjoitukset tulisi toteuttaa tekoälyn avulla siten, että palaute on välitöntä.

Kansalliset erityispiirteet: ??

http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80702/Yleisesite%202017.pdf

1.16 Elämykset

Arvonluontiverkoston rajaus: Tämän arvonluontiverkoston ensisijaisena päämääränä on tuottaa ihmisille elämyksiä. Rajauksen piiriin kuuluvat kaikki taloudellisen, poliittisen, sotilaallisen ja ideologisen hyödyn tai vallan toivossa tuotetut elämykset sekä sosiaalisissa suhteissa eri tarkoituksissa tuotetut elämykset.

Rajauksen ulkopuolelle jäävät kaikki ne elämyksiä tuottavat tapahtumat, joissa elämysten tuottaminen on tekijöiden näkökulmasta tarkoitukseton tai merkityksetön sivuvaikutus.

Tärkeimmät arvot ovat tunne-elämys, oivaltamisen ilo ja yhteinen kokemus. Tunne-elämys voi syntyä empatian kautta tai kuvitellun tilanteen muutoin herättämänä. Kyse voi olla tarinasta, musiikista, ravinnosta tai muista aistihavainnoista ja virikkeistä. Oivaltaminen itsessään herättää monissa ihmisissä ilon riippumatta aiheesta. Yhteinen kokemus itselle merkityksellisten ihmisten kanssa lähentää ja tarjoaa sisältöä vuorovaikutukseen. Moniin elämyksiin voi syntyä riippuvuus.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Elämyksiä tuotetaan valtasosin perinteisen viihteen, kulinaaristen nautintojen, liikunnan ja sosiaalisen kanssakäymisen avulla.

Voimakas jakautuminen tuottajiin ja kuluttajiin on ollut hallitseva kaupallisten elämysten tuotannossa, vaikka perinteiset elämysten muodot ovat osallistavia.

Tietokonepelit ovat esimerkki uudesta tavasta osallistua tarinoihin. Peli tarjoaa jaetun ympäristön ja virikkkeitä yhteisille kokemuksille. Tietoverkossa samanhenkistä peliseuraa on aina tarjolla maailmanlaajuisesti. Uudet tekniikat tarjoavat laajat mahdollisuudet sekä elämysmatkailuun, seikkailuihin että taide-elämyksiin ja luontoretkiin lähes todellisuuden tasoisina kokemuksina.

VR-lasien avulla aikaansaadaan illuusio todellisesta läsnäolosta virtuaalimaailmassa. Elämykset voivat olla hyvinkin voimakkaita, kehollisesti erehdyttäviä. On esimerkiksi tavallista, että VR-lasien käyttäjät kaatuvat katsoessaan seisaaltaan kallistuvaa virtuaaliympäristöä. VR-lasien tarkkuus on toistaiseksi puutteellinen, mutta kehittyy nopeasti. VR-lasien lisäksi kehitetään datahanskoja, joiden käyttäjän liikkeet välittyvät virtuaalimaailmaan ja virtuaalimaailmassa kosketetut asiat tuntuvat käyttäjän iholla ja lihaksissa vasteina. Myös muita kehollisia tuntemuksia ja äänimaailmaa kyetään jo välittämään virtuaalitodellisuuden käyttäjän aistittavaksi.

AR-lasit ovat saavuttamassa tason, jossa ihmisen todelliseen ympäristöön voidaan lisätä todelliselta vaikuttavia illuusioita. AR-lasit kykenevät myös tekoälyn ja optisten sensoreiden avulla tunnistamaan ympäristön ilmiöitä ja korostamaan niitä elämykselliselä tavalla. Pokemon-ilmiö osoitti, miten jopa kännykän ruudulta katsottu AR-todellisten pehmolelujen keräily saa ihmiset innostuksen vallassa liikkeelle. Todellisuuteen perustuviin havaintoihin perustuvat ja todellisuuteen integroidut aistimukset ovat huomattavasti tätä voimakaampia.

Fyysisten elämysten tuottaminen on robottien avulla yhä helpompaa. Robotit voivat tulevaisuudessa valmistaa gourmet-aterioita, maalata taidetta seinille, hieroa hartioita tai soittaa viulua. Robotit voivat toimia autonomisesti tai kauko-ohjatusti. Robotiikka mahdollistaa elämysten välittämisen paikasta riippumatta.

Tekoälyn avulla kyetään tunnistamaan ihmisen emootiot ja mieltymykset. Näiden tietojen avulla tekoäly kykenee sopeuttamaan toimintansa kunkin ihmisen ajatustapaan ja tuottamaan halutun kaltaisia tunnetiloja ja elämyksiä. Virtuaalisen ympäristön, robottien toiminnan ja keinotodellisten ihmisten emootioiden muokkaaminen tilanteisiin ja tavoitteisiin sopivalla tavalla johtaa henkilökohtaisesti räätälöityihin voimakkaisiin kokemuksiin.

Tärkeimmät uudistavat arvot elämysten tuottamiseen liittyvät luovuuteen ja haluun vaikuttaa muihin ihmisiin. Tärkeimmät uudistavat arvot elämysten kokijoiden näkökulmasta liittyvät näyttämisen tarpeeseen ja sosiaalisuuteen.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Pääosa elämyksistä tuotetaan nykyään viihteen päämäärien edistämiseen. Tässä viihteeseen luetaan myös taide ja ne dokumentit, joita tuotetaan tyydyttämään ihmisten harrasteen omaista kiinnostusta.

Elämyksiä tuotetaan elokuvallisten ja kirjallisten keinojen avulla sekä radion keinoin. Musiikki, teatteri ja koreografiset ilmaisut, arkkitehtuuri, muotoilu sekä kaupunkirakenne ja puistot tuottavat kaikki elämyksiä. Elämyksiä pyrkivät

tuottamaan kaikki järjestöt, puolueet, kunnat ja hallintosektorit sekä yritykset, uskontokunnat, harrastepiirit ja kustantajat.

Valtaregiimin jakautuu pääosin tuottaja-kuluttaja -akselin mukaan ja se pitäytyy perinteisissä elämyksen välittämisen keinoissa. Julkinen valta ei ehkä tuota leipää ja sirkushuveja Rooman rahvaalle, mutta jako rahvaan ja eliitin sisältöihin on edelleen havaittavissa arvostuksissa. Tuetaan teatteria, lehdistöä, kirjallisuutta, urheilua, musiikkia, oopperaa ja liikuntaharrastusta. Ruokakulttuuri, matkailu ja sosiaaliset kohtaamiset, nautintoaineet ja mainonnan tuottamat elämykset pärjäävät ilman tukia. Opetukseen ja työhön ei elämyksiä useinkaan haluta sotkea ja teknologisista mahdollisuuksista lähtevää elämystuotannon uudistamista kaihdetaan usein.

Kulttuurialan työpaikkoja on alle 100 tuhatta. Tämä luku sisältää vain osan niistä ihmisistä, jotka tuottavat elämyksiä. Turistiala toi vuonna 2016 vientiin rinnastettavia tuloja noin 4 miljardia euroa ja 7.7 miljoonaa ihmistä vieraili Suomessa. Tähän on lisättävä laaja kotimaan matkailu. Matkailuala työllistää 140 tuhatta henkeä. Liikunnan osuus kansantaloudessa on vähäinen, mutta sen osuus ihmisten arjessa on merkittävä, kun urheilun lisäksi lasketaan mukaan kuntoilu- ja elämystarkoituksessa tehty liikkuminen luonnossa ja myös kaupunkiympäristössä. Nykyistä elämysrakennetta edustavat myös huumaavat aineet ja väkivalta.

Tärkeimmät säilyttävät arvot liittyvät tuottaja-kuluttajarakenteen aiheuttamaan passiivisuuteen, elämysten addiktiivisuuteen sekä mainonnan kohderyhmiin ja muihin elämysten tuottamisen hyöty- tai valtanäkökulmiin.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Elämysten muuttuminen nykyistä osallistavampaan suuntaa aktivoi ihmisiä. Mikäli elämykset perustuvat todellisuuden simulointiin, lisäävät kokemukset samalla osaamista ja taitoja. Passiiviset tiedot voivat muuttua aktiivisiksi taidoiksi. Yhteistyöhakuiset verkkopelit kasvattavat sosiaalisia taitoja ja suunnitelmallista kykyä. Virtuaalitodellisuuden ja avulla tapahtuvan immersion lisääminen voi vähentää matkailun tarvetta, mutta se voi myös tehdä etäisiä paikkoja tutuiksi ja lisätä halua matkustaa niihin. Laajennettu todellisuus kasvattaa ihmisen lähiympäristön merkityksellisyyttä ja elämyksellisyyttä. Robotisoitujen etiäisten ja laajennetun todellisuuden avulla tuotetut elämykset lisäävät työmahdollisuuksia alentamalla transaktiokustannuksia radikaalisti.

Muutokseen liittyy selkeitä riskejä. Voimakkaat verkossa ja virtuaalitodellisuudessa saavutettavissa olevat elämykset saattavat aiheuttaa riippuvuutta. Sosiaalisten sidosten ja merkitysten kytkeytyminen fyysisen lähiympäristön sijaan johonkin erityisryhmään verkossa voi vieraannuttaa ihmisen niistä, joiden fyysisessä vaikutuspiirissä hän on. Tämä voi lisätä konfliktien riskiä. Tekoäly yhdessä virtuaalitekniikan kanssa voi vaikuttaa voimakkaasti, tahdonvastaisesti ja huomaamatta ihmisen haluihin ja mieltymyksiin. Väärinkäytön mahdollisuudet ovat suuret.

Muutosta hidastavat ne yhteiskunnan rakenteet, joiden kautta yhteiskunta ylläpitää sankarimyyttejä ja mainetekoja sekä elämysten tuottamisen toiminnallisia edellytyksiä. Esimerkiksi media ja opetus suuntaavat arvostuksen ja huomion vanhoihin elämysten menetelmiin, kuten urheiluun ja perinteisiin taidemuotoihin.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Nousevia ja uusia ammatteja ovat paikkatietoekspertti, virtuaaliopas, virtuaalisomistaja, seurapeliavustaja, elämysopas, tosi-VR-tähti, VR-tapahtumakoordinaattori, VR-terapeutti, verkkopelivalmentaja, AR/VR-haptiikkkapuvustaja ja haptiikkahuoltaja.

Muutoksen säädöstavoitteet: Virtuaalitodellisuuden ja laajennetun todellisuuden ilmiöt tulisi säädellä yksityisenä ja julkisena tilana. Poliisin oikeus päästä VR-tiloihin tulisi selvittää ja määritellä. Tekoälyn vastuuttamiseksi tulisi luoda puitteet ja käytännöt, joiden avulla tekoälyn tekemiset voidaan nauhoittaa. Yksilöllisesti tuotetut voimakkaat elämykset saattavat aiheuttaa vakavia seurauksia. AR-opasteiden ja mainonnan erotettavuus tulee tarkastella, kuten myös alitajuinen vaikuttaminen elämysten osana.

Kansalliset erityispiirteet: Teknologinen kyvykkyys uuden alueen osaajina on Suomessa poikkkeuksellisen suurta, kuten myös julkinen tuki vanhoille rakenteille.

http://tilastokeskus.fi/til/klt/2005/klt_2005_2007-08-31_tie_001.html

https://mara.fi/toimiala/tilastoja-ja-tutkimuksia/matkailu

https://www.mara.fi/toimiala

http://www.stat.fi/tup/tietotrendit/tt_10_06_liikunta.html

1.17 Turvallisuus

Arvonluontiverkoston rajaus: Tärkein päämäärä tässä arvonluontiverkostossa on toimintaympäristön säännönmukaisuus. Säännönmukaisuuteen liittyy vapaus ulkopuolisesta uhasta ja mahdollisuus edistää omia tavoitteita joidenkin tunnettujen pelisääntöjen puitteissa. Turvallisuutta voidaan lisätä vakioimalla olosuhteita ja kompensoimalla riskejä ihmisen esimerkiksi joutuessa onnettomuuksille alttiiksi tai sairastuessa.

Rajauksen piiriin kuuluvat erilaiset yhteiskunnan turvaverkot, laillisen järjestyksen ylläpito, maanpuolustus sekä erilaiset omaisuusturvaan, tuoteturvallisuuteen, ympäristövahinkojen estämiseen ja riskien kartoittamiseen liittyvät toimet sekä vakuutustoiminta.

Tärkeimmät arvot ovat varovaisuus, omaisuus ja koskemattomuus. Varovaisuuteen liittyy halu uhrata osa omasta vapaudesta ja vauraudesta myöhempien riskien minimoimiseksi. Omaisuutta kerätään usein turvaksi yllätyksien varalle ja eräällä tavalla myös eläketurva on nähtävä tässä valossa. Koskemattomuuteen kuuluu sekä aineellinen että aineeton koskemattomuus.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Perinteisesti ajatellaan turvaa tarvittavan rikoksia, onnettomuuksia, sairauksia sekä rajaloukkauksia vastaan. Lukitsemme itse asuntomme, mutta päävastuun turvallisuudesta kantavat länsimaisessa yhteiskunnassa viranomaiset. Kehityksen kiihtyessä uhkakuvat muuttuvat. Keskitetty tuottajiin kohdistuva ja kuluttajia suojaava valvonta ei palvele enää hyvin

yhteiskunnan tehdessä kaikista tuottajia ja rajojen muuttuessa virtuaalisiksi. Kasvava osa turvallisuudesta on tuotettava lähempänä yksilöä.

Tietoturva koskettaa yhä useampia, kun rahojen ohella yhä merkittävämpi osa elämäämme on tietokoneiden varassa. Tietovarkauksien lisäksi meidän identiteettimme voidaan varastaa. Meidän nimissämme voidaan esiintyä ja tehdä sopimuksia. Ihmisiä voidaan uhkailla ja kiristää rajojen takaa tuntemattomien toimesta. Sekä aineellinen että aineeton uhka voi kohdistua yksilöön tavoilla, joihin yhteiskunnan mekanismit eivät ole optimaaliset.

Tavarat muuttuvat koko ajan älykkäämmiksi. Autot ajavat itse itseään, robottikokit valmistavat ruoan. Kaikki äly kiinnittyy Internetiin ja tietoturvariskit voivat kasvaa laajoihin mittoihin hyvinkin äkillisesti. Kyberuhkat voivat liittyä omien teknisten laitteidemme manipulointiin, mutta myös kauko-ohjattavat myrkkyjä tai pommeja kuljettavat laitteet saattavat muuttua tavallisiksi. Meille toimitettuihin tavaroihin voidaan myös entistä helpommin ujuttaa vaarallisia osia tai aineita tavalla, jota keskitetty valvonta ei kykene estämään.

Itsediagnostiikka tuottaa meille 2020-luvulla tietoa kehomme ongelmista. Tiedämme tarkasti, minkälaiset terveydelliset riskit meitä uhkaavat, kuinka todennäköisiä ne ovat ja, millä tavoin ne vältämme. Elintarvikkeiden laadun kykenemme myös mittaamaan itse ja niin tuleekin tehdä, koska keskitetty järjestelmä ei voi sitä tehdä sillä yksityiskohtien tasolla, joka monille meistä on tarpeen.

Tekoälyn on mahdollista valvoa ympäristöämme ja varoittaa meitä tarvittaessa vaaroista. Pankkitilin vääränlainen käyttö, uhkaavasti käyttäytyvät ihmiset, kohti lentävät esineet, asuntomurto, käsilaukun varastaminen tai ruoka-aineiden outo koostumus voivat käynnistää varotoimenpiteitä. Tekoälyn on myös mahdollista valvoa käytössä olevia laitteita ja varmistus siitä, ettei niihin ole luvattomasti puututtu ulkopuolisten toimesta. Tekoäly voi myös nauhoittaa tapahtumat pilveen ja kutsua apua tarvittaessa.

Vertaistieto antaa meille erinomaista ja lähes reaaliaikaista tietoa. Jos tuotetieto organisoidaan oikein, on mahdollista saada muiden samoja tuotteita ja tuote-eriä käyttävien välitön palaute, mikäli tuote-erissä on ongelmia. Samaten alueellisista vaaroista ja muista riskeistä voidaan joukkoistuksen avulla saada laadukasta tietoa.

Tärkeimmät uudistavat arvot liittyvät pelkoihin, turvattomuuden tunteeseen, kokeilunhaluun ja epäluuloihin, mutta myös tietoisuuden lisääntymiseen erilaisista riskeistä.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Perinteisimmät turvallisuuttamme varmistavat toimijat ovat poliisi, palokunta, puolustusvoimat ja sairaalat. Yhteiskunnan monimutkaistuessa valvojia on tullut lisää. Esimerkiksi Tukes, Trafi, Evira, AVI, Fimea, OKM, SM, STUK, Valvira, Ficora, LuKe ja Rajavartiolaitos valvovat puolestamme. Suurelta osin valvonta kohdistuu selkeisiin rajoihin. Valtioiden välisiä rajoja valvotaan, suuria valmistajia ja palveluntarjoajia sekä normitettuja palveluprosesseja valvotaan. Valvonta on ajoittaista ja toimii vain, jos muutokset eivät ole nopeita.

Valvontamekanismit on suunniteltu teollista rakennetta ja suuruuden ekonomiaa silmällä pitäen.

Puolustusvoimat työllistää 12 tuhatta henkeä. Varusmiespalveluksen suorittaa vuosittain 22 henkeä. Puolustusministeriön osuus valtion budjetista on lähes 3 miljardia euroa. Oikeusministeriön osuus on lähes miljardi euroa ja sisäministeriön osuus noin 1.5 miljardia euroa. Muiden turvallisuuteen liittyvien viranomaistoimien osuudet ovat pienempiä. LVM:n hallinnonala nousee yhteensä satoihin miljooniin turvallisuuden osalta. Jos sosiaalisektori ja akuutti terveydenhuolto sekä vakuutussektori lasketaan turvatoimijoiden joukkoon, kasvavat luvut hyvin paljon.

Tärkeimmät säilyttävät arvot ovat normatiivisuus, luottamus viranomaisiin ja luottamus palveluntarjoajiin sekä yhteiskunnan auttavaan käteen.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Keskitettyä riskien torjuntaa tulisi hajauttaa, koska riskit hajautuvat. Ei voida enää ajatella valvonnan kohdistuvan tuottajiin ja rajoihin, koska tuottajia ja tuotettuja asioita tulee yhä enemmän ja tuotteisiin vaikutetaan tietoliikenneteitse niiden valmistamisen ja kaupan jälkeen. Valvonnan on jatkossa tapahduttava jatkuvana prosessina yksilön lähellä. Tekoälyn ja uusien mittalaitteiden avulla tämä on mahdollista asettamatta yksilöille kohtuuttomia vaatimuksia. Joukkoistetun valvonnan avulla viranomaisen on myös mahdollista saada huomattavan hyvä ja laaja tilannnekuva sekä todisteet väärinkäytöksistä.

Muutoksen riskeihin kuuluu entistä suurempi riippuvuus teknologiasta, yksityisyyden suojan väheneminen ja luottamuksen tunteen väheneminen. Riskit joka tapauksessa kasvavat ja muutoksessa kyse on ennen kaikkea siitä, annetaanko yksilöille paremmat valmiudet riskien hallitsemiseen vai pyrkiikö viranomainen säilyttämään kontrollin itsellään siihen saakka, kunnes tilanne käy kestämättömäksi. Suurin riski lieneekin siinä, että uusi turvallisuustarve jää kokonaan yksityisten toimijoiden ja kansalaisten oman aktiivisuuden varaan ja viranomainen lähinnä estää tällaista turvallisuuden lisäämistä vedoten ideoiltaan vanhentuneisiin normeihin.

Muutosta hidastaa luottamus viranomaistoimintaan ja uudentyyppisten ongelmien pysyminen toistaiseksi hallitulla tasolla sekä toteutuneiden riskien kaatuminen yhteisvastuisiksi. Regulaatiot estävät muutosta melko tehokkaasti ja hierarkista valvontaa vahvistetaan edelleen. Ongelman luonnetta ei ymmärretä laajasti ja viranomaistoiminnan rakenteen laaja uudelleenpohdinta ei ole kenenkään agendalla. Kysymykset siitä, kenen viranomaisen tulisi kantaa huolta internetiin kytketyn jääkaapin toiminnasta palvelunestohyökkäyksessä tai hakkerin pilatessa elintarvikkeet jääkaapin tietoturva-aukon kautta enimmäkseen vain hämmentävät perinteisiä toimijoita, jotka pitävät kiinni murenevasta mukavuusaluueestaan.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Nousevia ja uusia ammatteja turvallisuuteen liittyen ovat esimerkiksi pilviturvapalvelukonsultti, kyberturvakonsultti, kotitalouden turva-asentaja, henkilöturva-etävalvoja, kyberturvapoliisi ja valhemedian torjuja.

Muutoksen säädöstavoitteet: Muutosta voidaan edistää monin toimenpitein. Vertaisturvatietoalustoja tulisi katalysoida ja niille luoda puitteet. Viranomaisen tulisi auttaa toiminnan syntymisessä. Kyberturvatoimintaan tulisi kehittää valmiuksia ja

viranomaisen tulisi tukea kotitalouksia sekä kyberturvan että valhemedian torjunnassa. Henkilöturvakamerat tulisi sallia ja näihin liittyvä tekoäly tulisi selkeästi lukea GDPR-säädösten ulkopuolelle. Superaistien alustojen rooli tulisi selvittää ja tutkia painotuksen siirtämistä kuluttajan itsensä suorittamaan valvontaan. Virtuaalimaaailmassa tapahtuvat uhkaukset ja ahdistelu tulisi tarkistaa ja varmistaa ihmisten mahdollisuus liikkua julkisilla virtuaalitoreilla turvallisesti.

Kansalliset erityispiirteet: Osaaminen Suomessa on korkealla tasolla.

1.18 Luottamus/yhteistyö

Arvonluontiverkoston rajaus: Arvonluontiverkoston päämäärä on yhteistyökyvyn luonti synergiahyötyjä tuottavissa asioissa. Yhteiskunta koostuu asioista, joissa kakku kasvaa vuorovaikutuksessa muiden kanssa ja jokainen voi saada enemmän yhteistyön avulla kuin yksin tekemällä.

Rajauksen piiriin kuuluvat kaikki yhteistyökykyä erityisesti palvelevat seikat, kuten ymmärrys potentiaalisten yhteistyökumppanien tarpeista ja mahdollisuuksista ja mahdollisuus luottaa heidän kanssaan tehtyihin sopimuksiin. Rajauksen ulkopuolelle kuuluvat muissa arvonluontiverkostoissa kuvatut päämäärät, kuten turvallisuus säännönmukaisuutena tai etäisyyksien voittaminen logistiikan tai tietoliikenteen keinoin.

Tärkeimmät arvot liittyvät läpinäkyvyyteen, suosioon ja luottamukseen. Läpinäkyvyys mahdollistaa sekä tarpeiden että mahdollisuuksien tunnistamisen, mutta myös luottamuksen siihen, että toiminta on puheiden mukaista. Luottamus voi perustua läpinäkyvyyden lisäksi siihen, että etu on aidosti yhteinen eli ollaan samassa veneessä tai sanktion mahdollisuuteen.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Suurin osa nykyisistä transaktioistamme perustuu hierarkiseen luottamukseen. Uskomme, että tuotteet ja palvelut ovat myyjän väitteen mukaisia, koska viranomainen valvoo tuotantoa ja kauppaa. Uskomme luoton ottajaan samasta syyystä, mutta saatamme vaatia vakuuksia ja takaajia. Sopimusrikkomuksista ja valheellisesta markkinoinnista määrätään myös sanktioita ja korvauksia.

Yhä useammin yhteistyö on sellaista, johon edellä kuvattu valvonta ei kunnolla sovi. Ostamme kasvavan osan tuotteista ulkomaisesta verkkokaupasta tai huutokauppa-alustoilta. Palveluita ostamme yksityisiltä ihmisiltä alustayritysten kautta. Saatamme ryhtyä yhteisiin hankkeisiin verkossa hyvinkin erilaisten ihmisten kanssa ja antaa heille aikaamme ja tietojamme. Vastineeksi odotamme heidän työpanostaan ja yhteistyön tuloksia. Jaamme myös tietojamme yhteiseen käyttöön monenlaisten alustojen kautta tavalla. Rahoituksen yhteistyöhankkeisiimme saatamme saada normaalin finanssitoiminnan sijaan joukkorahoituksen avulla.

Luottamus perustuu useimmiten käsitykseen yhteisestä edusta ja sopimukseen, joka pyrkii varmistamaan yhteistyön edullisuuden eri osapuolille. Käsitys yhteisestä edusta voi syntyä monella tavalla. Yhteinen kokonaisuus voi esimerkiksi vaatia hyvin

monien osapuolten taitoja. Jos osallistuminen on vaivatonta tai oman edun mukaista, ei vapaamatkustajia tarvitse pelätä. Wikipedian ja Linuxin tapainen talkootyö on ollut erittäin tuloksellista ja luottamus yhteistyön hyödyllisyyteen ja yhteistyörakenteen toimivuuteen on kasvanut jatkuvasti.

Yhteistyön vaatiessa kovin epätasaisia panoksia tarvitaan erityisiä luottamusta kasvattavia toimia. Koston mahdollisuus jonkin sanktion muodossa tarjotaan yleensä sille, joka joutuu panostamaan ensin. Toinen osapuoli kasvattaa luottamusta altistamalla itsensä mahdolliselle kostolle, jos sen osuus jäisi hoitamatta. Yksinkertaisin sanktio on julkinen moite. Tämä on erityisen tehokas, jos siihen tarjotaan uskottava alusta. Välittävä taho, kuten AirBnB, Booking.com tai Amazon näyttävät asiakkaiden arvostelut muille potentiaalisille asiakkaille. Tämä luo uskottavuutta alihankkijoiden lupauksiin.

Yksinkertaisin palaute liittyy peukutuksiin tai myynti- ja palautusmäärien esittämiseen. Yleisemmin voidaan puhua mainetaloudesta. Osapuolet laittavat maineensa pantiksi ja keräävät onnistumisista lisää mainetta.

Toiminnan läpinäkyvyys lisää luottamusta. Palautteiden uskottava esittäminen on yksi osa läpinäkyvyyttä. Toimintatapojen muunlainen avaaminen voi tarkoittaa esimerkiksi reaaliaikaista kuvamateriaalia, jatkuvia tietoja prosessista tai erilaisia kolmansien osapuolten myöntämiä laatuvarmenteita. Läpinäkyvyyttä voidaan myös lisätä varmentamalla jokainen tavara, tila ja palvelu yksilöllisellä identitetillä ja tallentamalla siihen liittyvät toimet osapuolten nähtäväksi jonkin luotetun kolmannen tahon ylläpitämään pilvipalveluun.

Lohkoketju on yksi uusista läpinäkyvyyden keinoista. Kyse on eri osapuolille hajautetusta järjestelmästä, jossa transaktiot varmennetaan kaikille osapuolille salakirjoittamalla ne osaksi katkeamatonta ketjua. Dokumenttien aitouden ja alkuperän osoittaminen on kenen tahansa tehtävisssä. Lohkoketju poistaa tai automatisoi monissa asioissa luotetun kolmannen osapuolen roolin. Tunnetuin lohkoketjujärjestelmä on Bitcoin.

Vakuuksiin, takauksiin ja muuhun perinteiseen pankki- ja sijoitustoimintaan perustuvan uusien yhteistyöhankkeiden ja investointien rahoituksen rinnalle on nousemassa asiakkuuksiin ja kumppanuuksiin sekä yleiseen kiinnostukseen perustuva joukkorahoitus.

Tärkeimmät uudistavat arvot liittyvät globalisaatioon, yhteisöllisyyteen, uudistushaluun, helppouteen ja avoimuuteen.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Keskeisimmillään nykyistä hierarkista luottamusjärjestelmää edustaa finanssiala. Finanssialan ohella suuri osa viranomaistoiminnasta on erilaisten transaktioiden valvomista ja varmentamista. Usein transaktioiden varmentaminen ja laaduntarkkailu on liitetty osaksi samaa tehtäväkokonaisuutta. Kyse voi olla luvanvaraisesta tai muutoin valvonnan alaisesta toiminnasta ja siihen liittyvistä ilmoituksista, mutta myös asiakkaiden viranomaisille tekemien ilmoitusten selvittämisestä.

Pankkiala on laajin mainituista sektoreista. Kotimaisten pankkkien korkotuotot vuodelta 2016 olivat 4,3 miljardia euroa ja palkkiotuotot 1,9 miljardia euroa. Samaan aikaan pankkien hallintokulut olivat 2,6 miljardia euroa ja liikevoitto 2,7 miljardia euroa. Taseiden yhteenlaskettu arvo oli 426 miljardia euroa. Oman pääoman osuus tästä oli vuoden lopussa 6,2 prosenttia.

Tärkeimmät säilyttävät arvot ovat oikeusjärjestelmä, hierarkkisuus päätöksenteossa, kansallismielisyys ja yksityisyyden suojan arvostus.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Transaktiokustannusten ja hierarkisuuden minimoinnin avulla on mahdollista laskea luottamusrakenteiden kustannuksia. Näitä kustannuksia on vaikea tarkasti laskea, mutta kyse on selkeästi useista miljardeista euroista vuositasolla. Vartaisluottamus ja siihen liittyvä mainetalous kannustavat parantamaan tuotteiden ja palveluiden laatua ja tämän lisäksi myös asiakkaana toimimisen laatua. Hierarkisuuden väheneminen laskee vallan väärinkäytöksen riskiä ja rakenteisiin liittyvän osaoptimoinnin vaaraa.

Läpinäkyvyyden lisääminen vähentää etsimis- ja sopimuskustannnuksia sekä epävarmuuden riskiä. Tarjoajat ja tarvitsijat löytävät toisensa entistä helpommin ja vakuuttuvat yhteistyön mielekkyydestä. Joukkorahoituksen avulla hyvät ja tarpeelliseksi koetut ideat löytävät rahoituksen potentiaalisilta asiakkailta maineriskiä vastaan. Monet ideat tulevat rahoitetuiksi, jotka pankkien, osakemarkkinoiden ja etabloituneiden alan toimijoiden kautta eivät olisi rahoitusta saaneet. Transaktiokustannusten lasku alustojen myötä ja mainetalous mahdollistavat hyvin laajat joukkoistukset erityisesti tiedon tuottamisen osa-alueilla ja suuri toimijoiden määrä parantaa saatavilla olevan tiedon laatua.

Suurimmat riskit muutoksessa liittyvät pyramidihuijausten kaltaisiin rakenteisiin ja kansainvälisen alustatoiminnan ja kansallisen lainsäädännön mahdollisiin ristiriitoihin. Riskejä liittyy myös siihen, että ihmiset luottavat toimijoihin, jotka antavat valheellisin keinoin luotettavan kuvan. Hajautetun luottamuksen mekanismeja ei osata eikä niitä valvota systemaattisesti, joka johtaa erehdyksiin.

Muutos on hidas, koska luottamus syntyy usein hitaasti ja liittyy helpommin suurten organisaatioiden kuin uusien toimijoiden maineeseen. Myös tavat ja tottumukset hidastavat uusien käytänteiden omaksumista. Lukuisat säädökset vaativat asiat tehtäväksi vallitsevilla tavoilla. Toisaalta useat vertaisluottamuksen alustat ovat jo laajasti käytössä. EU:n Tietosuoja-asetus GDPR saattaa hankaloittaa merkittävästi luottamusrakenteiden hajauttamista.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Uusia ja nousevia ammatteja ovat luottamusjohtaja, luottamuskonsultti, talkoolobbari, joukkoistusrekrytoija, vertaistyön moderaattori, motivaatiosuunnittelija ja -ennakoija sekä joukkorahoitusmanageri.

Muutoksen säädöstavoitteet: Tärkeimpinä tavoitteina tulisi selvittää vertaisluottamusrakenteisiin liittyvä sanktiointi ja valvontatoiminta, talkoosisältöjen sekä lohkoketjujen omistajuus, vertaisluottamuksen virallistaminen

viranomaishyväksynnän ja tutkintojen kaltaiselle tasolle ja rekisterinpidon siirto vertaisverkkoihin sekä yksityissektorilla että julkisissa rekistereissä.

Kansalliset erityispiirteet: ??

https://www.suomenpankki.fi/globalassets/fi/raha-ja-maksaminen/maksujarjestelmat/suomen-pankki-katalystina-maksuneuvosto/mn07_digitalisaatio_ja_fintech_suomessa.pdf

http://www.stat.fi/til/llai/2016/04/llai_2016_04_2017-04-18_tie_001_fi.html

1.19 Tarkoituksellisuus

Arvonluontiverkoston rajaus: Tämän arvonluontiverkoston päämääränä on oman elämän ja tekemisen kokeminen merkityksellisenä. Monet aiemmat päämäärät ovat yksilön kannalta keinoja, mutta tätä voidaan pitää yhtenä lopullisista päämääristä. Ihminen haluaa kokea olemassaolonsa merkitykselliseksi. Tämän rajauksen sisään kuuluvat merkityksen tunnetta luovat aatteet, identiteettikysymykset ja keinot, joilla omien tekojen vaikutukset voi havaita ja ymmärtää olevansa osa jotakin merkitykselliseltä tuntuvaa kokonaisuutta.

Tärkeimmät arvot liittyvät omaan rooliin, aikaansaannoksiin ja olemisen tarkoitukseen. Rooli voi näyttäytyä ulkoisena arvostuksena tai asemana, mutta myös omana tietoisuutena siitä, että asiat olisivat toisin, jos itseä ei olisi. Aikaansaannokset voivat liittyä itseen tai muihin ihmisiin sekä merkitykselliseltä tuntuviin asioihin. Olemisen tarkoitus kumpuaa elämänhalusta, opituista käsityksistä ja aatteista tai kanssaihmisistä ja luonnosta.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Länsimaisen arvomaailman muutos kollektiivisesta yksilölliseksi on nostanut työn ja siihen liittyvän roolin merkityksellisen elämän keskiöön. Työ on erikoistumisen ja vaihdannan lisääntyessä muuttunut yhä kapea-alaisemmaksi ja työn abstraktiotason nousu on vähentänyt sen konkreettisuutta. Työ on yhä useammin tehty ihmisille, joita ei koskaan tulla näkemään, organisaatiossa, jonka arvoja ei jaeta ja esimiehelle, josta ei pidetä.

Digitalisaatio ja robotisaatio avaavat uuden tyyppisiä kokonaisvaltaisia työtehtäviä, joissa merkitykset ovat keskiössä ja työ tehdään oman yhteisön jäsenille joko tietoverkoissa tai lähiyhteisössä. Työn vaikutukset voidaan nähdä teollista työtä helpommin. Erityisesti työn tuloksellisuuden mittarointi ja pelillistäminen voivat oikein tehtyinä lisätä tarkoituksellisuutta.

Tarkoituksellisuus on koettu usein sen ryhmän kautta, johon samaistutaan. Esiteolliseen aikaan työ tehtiin omalle talolle ja kyläyhteisölle, jonka arvostus sillä saatiin. Ryhmäidentiteetti syntyi tavallisimmin kyläyhteisön tai suvun kautta. Mikäli hierarkiat purkautuvat ja lähivalmistuksen osuus kasvaa, voi lähiyhteisölle tehdyn työn määrä jälleen lisääntyä. On mahdollista, että osaamiserojen tasaantuminen ja tekoäly vähentävät ammatti-identiteetin merkitystä ja lähiyhteisö palaa tärkeimmäksi vertaisryhmäksi. Merkityksellisimmäksi saattaa jälleen tulla arvostus siltä ryhmältä, jolle tuottaa hyötyä sen ryhmän sijaan, jonka kanssa kilpailee. On

mahdollista palata tilaan, jossa omat ja lähipiirin tarpeet tyydytetään pääosin itse, jossa vaiheessa puutarhan hoito on jälleen suurimerkityksinen asia.

Internet on olennaisesti helpottanut yhteydenpitoa itselle merkityksellisten ihmisten kanssa. Yhteinen tekeminen ja aikaansaannokset digitaalisissa yhteisöissä tulevat valtaamaan alaa virtuaalimaailman mahdollisuuksien avartuessa. Virtuaalimaailma kasvaa yhä laajempien piirien kohtauspaikaksi ja tekemisen ympäristöksi. AR-lasien avulla voimme olla lähipiiriimme jatkuvasti yhteydessä ikään kuin olisimme samassa paikassa. Tämä voi muuttaa arvomaailmaa jälleen kollektiiviseen suuntaan. Samalla tämä voi vähentää ulkoisen aseman ja rahan avulla saatavan statuksen merkitystä.

Sosiaalisen median kautta yhä usempi on kokenut merkitykselliseksi julkaista kuvia puutarhastaan, valmistamistaan ruoista tai käsitöistä. Yhä useampi myös pyrkii tuottamaan verkkoon asioita, joita muut peukutuksillaan arvostavat. Näyttää ilmeiseltä, että digitaalinen esilläolo on avannut tärkeän kanavan niille, joiden valokuvia ennen ei kukaan ehtinyt katsomaan ja joiden runot jäivät pöytälaatikkoon. Antamisen ja jakamisen välineet ovat muuttuneet radikaalisti. Samalla jakamisen ulottuvuus on kasvanut globaaliksi ja samanmielisten löytäminen helpoksi.

Uusia merkityksiä syntyy lemmikkieläinten rinnalle tekoälyn kasvattamisesta, virtuaalimaailmojen rakentamiseen, pelimaailmojen sankarin maineesta ja peleissä pulaan jääneiden auttamisesta. Aatteiden ajaminen ja ylläpito sekä itselle tärkeiden harrastusten edistäminen ovat tietoverkkojen avulla helpottuneet. Globaalit ongelmat ovat jatkuvasti esillä ja niiden ratkaisemiseen esitetään jatkuvasti uusia keinoja. Auttamisen voi tehdä sellaisessa seurassa, johon itse uskoo ja, jonka keinot voi selvittää. Omien tekojen vaikutukset näkyvät myös helpommin kuin annettaessa kolikoita kolehtiin.

Tärkeimpiä uudistavia arvoja ovat kapinallisuus, aikaansaannokset, peukuttaminen, osallisuus suuressa tarinassa ja verkkoyhteisö tai lähiyhteisö.

Valtaregiimin keinot ja arvot: Tavallisia työhön liittyvän motivoinnin keinoja ovat olleet tehtävänimikkeet, arvonimet ja tutkinnot sekä taloudellinen kompensaatio. Valtaregiimissä on paljon palkitsevia tehtäviä esimerkiksi opetuksen, hoitotyön, kiinteistöalan, juridiikan ja kauppan alalla, joissa työn hyödyllisyyden voi nähdä asiakkaiden silmistä. Mutta tavallisimmin niissäkin arvostus haetaan ammatti-identiteetin kautta vertaisryhmiltä. Työt ovat usein tarkkaan rajattuja ja vaikutusmahdollisuus työn sisältöön on vähäinen. Usein työ koetaan merkitykselliseksi siitä saatavan ansainnan vuoksi. Merkityksellisiksi koetaan hedonistiset arvot ja lähipiirin hyvinvointi sekä sosiaaliset kokemukset.

Työ on nykyisellään enimmäkseen paikkaan ja hierarkiaan sidottua. Työstä saatava palaute on satunnaista ja vain osin työn varsinaiseen tarkoitukseen liittyvää. Työsuhteisiin liittyvä epävarmuus ja esimiesten suuri rooli työn jatkuvuuden takaajina on nostanut esimiehen miellyttämisen tärkeimmäksi käytännön arvoksi. Ristiriita esimiehen kanssa ja yhteisen näkemyksen puute työn tarkoituksellisuudesta johtaa helposti siihen, ettei elämä työajan osalta tunnu tarkoitukselliselta. Tämä ja muut elämän tarkoituksellisuuteen liittyvät ongelmat johtavat helposti lohdun hakemiseen nautintoaineista, syrjäytymiseen ja masennukseen.

Yhdistysten, puolueiden, harrasteiden ja kirkon piirissa tehdään paljon merkitykselliseksi koettua vapaaehtoistyötä. Osa merkityksestä syntyy toiminnassa mukana olevan yhteisön vuoksi, osa itse asian ja osa toiminnasta saatavien etujen tai arvostuksen vuoksi. Vapaaehtoista auttamistyötä tehdään myös paljon organisaatioiden ulkopuolella esimerkiksi naapuriapuna ja vanhuksia auttaen.

Suomen evankelis-luterilainen kirkko on suurin yksittäinen toimija, jonka pääasiallinen päämäärä on tämän arvonluontiverkoston mukainen. Työntekijöitä li vuonna 2016 noin 20 tuhatta, jäseniä neljä miljoonaa ja tuloja 890 miljoonaa euroa. Liikuntapaikkojen kunnossapitoon ja urheilujärjestöjen avustuksiin kuluu vuosittain useita satoja miljoonia euroja ja järjestöjen jäsenmäärä on noin miljoona henkeä. Mediasisältö tuottaa suuren panoksen urheilun arvostuksen korostamiseksi. Yritysten, kolmannen sektorin toimijoiden ja ammattiryhmien luoma me-henki erilaisine hengennostatustilaisuuksineen ja muine ryhmäidentiteettiä vahvistavine rituaaleineen on yhteenlaskettuna mittavaa toimintaa.

Tärkeimmät säilyttävät arvot ovat muutoksen pelko, mukavuudenhalu, saavutettu asema ja yhteisön paine.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Ryhmäidentiteetin painottuminen ammatti-identiteettiin on voinut vaikeuttaa työn kokemista merkityksellisenä. Koetun ryhmäidentiteetin muutos siten, että työn hyödyt koituvat oman indetiteettiryhmän jäsenille ja työn tulosten arvostus tulee heiltä, lisää työn tarkoituksellisuutta. Mahdollinen muutos työn kokonaisvaltaisuuden ja vastuullisuuden suuntaan sekä tehtävien aiempaa selkeämpi tuloksellisuuden mittarointi edesauttavat tehtävien kokemista mielekkäinä. Mahdollisuus valita harrasteryhmät ja sosiaaliset yhteisöt maantieteestä riippumatta sekä mahdollisuus hankkkia tietoja ja taitoja omasta mielestä tärkeiden asioiden aikaansaamiseksi lisäävät nekin osaltaan tarkoituksellisuuden kokemista.

Työelämän suurena riskinä on se, että kytkentä työnantajayritykseen jatkaa löyhentymistään eikä ryhmäidentiteetin tai muun lojaalisuuden kautta tule tyydytystä organisaation hyväksi tehdystä työstä ja varsinaista asiakasta ei koskaan näe. Digitalisaatio mahdollistaa uudenlaiset merkitysyhteisöt ja kokonaisvaltaisemman suoraan hyötyjälle tehdyn työn, mutta osaamiseen ja työelämään liittyvien jäykkyyksien ja epävarmuuksien vuoksi siiirtyminen itselle mielekkääseen tehtävään voi olla haastavaa. Mielekkään työn etsiminen voi siis olla monille vaikeaa, vaikka sellaisia tehtäviä syntyisikin. Pettymys odotuksissa voi johtaa turhautumiseen ja häiriökäyttäytymiseen. Tietoverkkojen kautta voi siinä mielentilassa löytää merkitysyhteisöjä, jotka ovat tuhoisia. Tarkoituksellisuuden tarve ei aina kanavoidu yhteiskunnan myönteisinä pitämiin tekoihin.

Muutosta hidastaa se, että hyvin monilla on nykyisissä yhteisöissään asema ja tulot, joista ei halua luopua minkään epävarman tulevaisuuden vuoksi. Nykyisiin rakenteisiin liittyy paljon symbolisia merkityksiä ja uusien merkitysten luonti edellyttää kulttuurista muutosta. Nykyinen valtaregiimi tukee perinteisiä merkityksiä ja toimii hierarkisten sekä paikallisten rakenteiden toimintatavoilla.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Uusia ja nousevia ammatteja ovat esimerkiksi omavaraiskonsulentti, omavaraistarvikekauppias, pelillistäjä, elämänhallintaopas, virtuaalielinympäristön kehittäjä, koheesiomanageri, tarpeenetsijä/logoterapeutti, heimopäällikkö, AI-kavereiden paimen.

Muutoksen säädöstavoitteet: Tarkoituksellisuuden lisääntymistä edistää pienuuden ekonomian esteiden poisto. Käytännössä tämä tarkoittaa byrokratian kuorman vähentämistäerityisesti pieniltä toimijoilta. Merkitysyhteisöansiot tulisi tunnustaa geneerisesti, kun nyt korostetaan ainoastaan perinteisiä toimintamuotoja. Päätösvaltaa tulisi delegoida fyysiseltä paikallistasolta ja valtiolta asiayhteisöille. Omavaraistalous tulisi mahdollistaa yhteisötasolla ainakin tuotannon, energian, opetuksen ja elintarvikkeiden osalta. Kehityksen ja kokeilujen esteitä tulisi purkaa.

Kansalliset erityispiirteet: ??

https://evl.fi/tietoa-kirkosta/talous

http://www.liikuntaneuvosto.fi/files/380/vln_toimintakatsaus_19112015_final.pdf

1.20 Päätösten laatu

Arvonluontiverkoston rajaus: Tämän arvonluontiverkoston ensisijainen päämäärä on organisaatioiden päätösten optimaalisuus. Jokaisella organisaatiolla on sidosryhmiä ja organisaatiot palvelevat näiden yhteistyön toiminnallisena puitteena. Sidosryhmillä on jokaisella omat tavoitteensa ja organisaation päätöksenteon tavoitteena on yhdistää intressit ja toimia tarkoituksenmukaisella tavalla.

Tässä ei arvioida sidosryhmien tavoitteita vaan keskitytään vaan siihen, minkälaiset organisatoriset keinot ja valtarakenteet parhaiten tuottavat sidosryhmien tavoitteet. Pääpaino on julkishallinnon toimijoissa, mutta markkinan, hierarkian ja omatoimisuuden välinen jako kuuluu rajauksen sisään.

Tärkeimmät päätöksentekoon liittyvät arvot ovat tuloksellisuus, yhteistyökyky ja julkisessa toiminnassa tasa-arvo. Tuloksellisuus viittaa sidosryhmien tavoitteiden ja uhrausten suhteeseen, yhteistyökyky sidosryhmien kykyyn organisoitua ja järjestää päätöksenteko siten, että tuloksellinen yhteistoiminta on mahdollista. Tasa-arvo voi viitata moniin eri asioihin sidosryhmistä riippuen.

Pitääkö lisätä rahoituspäätökset erikseen? Erotteluna omien ja muiden rahoista tai normeista päättäminen. Tämä arvonluontiverkosto vaatii muita enemmän hiomista.

Haastajaregiimin keinot ja arvot: Julkinen valta on organisoitu maantieteellisen aluejaon mukaan kuntiin, maakuntiin, valtioihin ja niiden liittoihin. Vallankäyttö organisaatioissa on lähes poikkeuksetta järjestetty delegoimalla vastuut pääosin taloudellisen hierarkian mukaan ja matriisimuotoon laadullisen valvonnan ja ohjauksen mukaan. Digitalisaatio mahdollistaa vapauden ajasta ja paikasta sekä yksinkertaisen päätöksenteon automatisoinnin. Rajankäynti julkisten ja yksityisten tehtävien välillä on myös mahdollista tehdä uudelleen. Päätösten laatu on sidoksissa organisaatiorajoihin ja päättäjien vastuuseen.

Demokratiaan kuuluva subsidiariteettiperiaate eli läheisyysperiaate tarkoitti alun perin sitä, että kustakin asiasta päättävät ne, joita se lähinnä koskee. Aluksi kyse ei ollut vain maantieteellisestä läheisyydestä. Tähän ajatukseen tulisi palata tietoliikenteen poistaessa etäisyyksiä ja maailman monimutkaistuessa. Monimutkaistumisen kasvaessa on tullut ongelmalliseksi, että samat ihmiset osallistuvat useiden eri alojen asioiden päätöksentekoon. Yrityksissä tämä on ratkaistu organisoitumalla aiheen mukaisiksi valtakunnallisiksi ketjuiksi. Julkisessa hallinnossa valtion virastot ovat pitkälle erikoistuneita, mutta kunnallisissa tehtävissä kukin pienikin kunta vastaa itse pienen paikallisen monialayrityksen tavoin kaikista tehtävistään suoraan tai monimutkaisten kuntayhteenliittymien kautta.

Demokraattinen hallinto voitaisiin subsidiariteettiperiaatteen avulla hajauttaa aiheen mukaisesti paikkakunnan sijaan. Kukin aihealue voisi olla maantieteestä riippumaton ja kilpailevia hallintoja voisi olla kaikissa niissä tehtävissä, jotka eivät ole paikkaan sidottuja. Hallinnot valittaisiin demokraattisesti kuhunkin aihealueeseen erikseen niiden toimesta, jotka kyseisen asian läheisiksi kuuluvat. Kaavoitus ja kunnallinen infrastruktuuri eivät ehkä voisi olla kilpailtuja hallinnonaloja, mutta koulutoimi, sosiaalitoimi ja rakennusvalvonta esimerkiksi voisivat toimia kilpailumallissa. Tässä ei tarkoiteta markkinaehtoista kilpailua vaan julkishallinnon sisäistä kilpailua. Aiheenmukaista demokratiaa lähestyisi valtion tasolla se, että kansliapäälliköt valittaisiin vaaleilla.

Hyvin monet hallinnon asiat ovat rutiinimaisesti hoidettavissa. Henkilötyö on usein tarpeettoman runsasta hallinnollisten määräysten vuoksi. Lait, asetukset ja valvonnan järjestäminen ovat pakottaneet kuntia toimimaan itsensä kannalta epätarkoituksenmukaisin tavoin. Hallinnon määräysten siirtäminen tekoälyn ja pelillisten järjestelmien sekä simuloinnin ja joukkoistuksen avulla toimeenpannuiksi antaisi aluehallinnolle huomattavasti paremmat välineet suorittaa oma tehtävänsä tehokkaasti ja virheettömästi ja toisaalta valtionhallinnolle paremmat keinot ottavat huomioon alueelliset erityispiirteet ja tarpeiden monimuotoisuus.

Alustaosuuskunnat tietoverkoissa ovat jäsentensä hallitsemia elimiä yhteisen hallinnon ja markkinoinnin organisoinniksi. Alustayrityksissä ja alustaosuuskunnissa päätös kunkin työn vastaanotosta suoritetaan jäsenen toimesta. Jäseniä voivat olla palveluiden käyttäjät tai niiden tarjoajat alustasta riippuen. Alusta tarjoaa tehtäviä suoritettavaksi, kerää niistä palautteet ja suorittaa yhteydenpidon potentiaalisiin asiakkaisiin päin. Alusta myös hoitaa laskentatoimen, laskutuksen ja tarvittaessa työn ohjauksen. Alustaosuuskunnille voisi antaa huomattavan suuren vastuun monista nykyiseen demokratiaan liittyvästä hallintotehtävästä.

Markkinoiden ja hierarkian rajankäyti voitaisiin tehdä talouden nobelin saaneen Oliver E. Williamsonin oppien mukaan. Luonnollisen monopolin helposti synnyttävät asiat kuuluvat sen mukaan hierarkisesti hallittaviksi ja kilpailutilanteen säilyttävät asiat markkinoiden hoidettaviksi. Teknologiakehitys muuttaa nopeasti sitä, mitkä asiat sopivat milläkin tavoin hallituiksi. Mitä runsaammin teknisiä vaihtoehtoja ja vähemmän julkisia varoja asioihin liittyy, sitä paremmin ne sopivat markkinoille. Toisaalta yhteiset alustat ja rajapinnat sekä suurten toistuvien asioiden valvonta sopivat julkisen vallan tehtäväksi.

Tärkeimmät uudistavat arvot ovat vertailtavuus, vaihtokelpoisuus, avoimuus, valinnanmahdollisuus ja kilpailu.

Valtaregiimin keinot ja arvot:

Hallinnon rooli nykyisissä työtehtävissä on merkittävä, oli sitten kyse yrityksistä, julkisesta vallasta tai kolmannesta sektorista. Runsas lainsäädäntö, moninaiset valvontatoimet ja monimutkainen työehtosopimusten ja muiden käytäntöjen viidakko kasvattaa hallintoa ja tekee toiminnan pienille yrityksille ja organisaatioille vaikeaksi silloinkin, kun tämä päätöksenteon joustavuuden kannalta muutoin olisi etu. Monimutkaisen hallinnon voi väittää sekä heikentävän päätösten laatua että kasvattavan eriarvoisuutta kasvattamalla organisaatiokokoa keinotekoisesti.

Julkisen vallan tarvitsemat tiedot kerätään usein jälkilaskennan avulla sekä hallinnon toimijoille ja sidosryhmille asetettujen raportointivelvotteiden avulla. Merkittävä osa suorittavaa työtä tekevien ihmisten ajasta kuluu seurannan tietojen toimittamiseen. Tietojen hyödyntämisaste ja tarpeellisuus ovat usein kyseenalaisia ja digitalisaation avulla sekä jakamalla tehtävät toisin olisi toimintoja mahdollista järkeistää. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista säädöksiä muuttamatta.

Kuntatalous on suurin yksittäinen hallinnon sektori. Kuntien yhteiset toimintakulut olivat 36,7 miljardia euroa vuonna 2016. Kuntia oli 313 ja kuntayhtymiä 144, joissa kussakin on tehty sekä poliittisia päätöksiä että virkamiespäätöksiä kaikkien kunnan hallinnonalojen tarpeisiin. Kilpailulainsäädännön vaatimat kilpailutukset ovat usein liian vaativia ja työläitä ja päätökset hyvin moninaisia erityisesti kunnanvaltuutetuille, joilla ei voi olla kaikkien alojen asiantuntemusta.

Nykyistä rakennetta säilyttävät arvot ovat konservatiivisuus, normatiivisuus ja keskittyminen Platonin kysymykseen siitä, kuinka valitaan se, joka päättää. Demokraattisen päätöksenteon hajauttamisen mekanismeja pohditaan ani harvoin. Vaihtoehtona nähdään vain markkina.

Muutoksen hyödyt, riskit ja hidasteet: Jos julkisen hallinnon poliittista päätöksentekoa muutetaan enemmän asialäheiseksi, saadaan päätöksentekoon enemmän aihealueen osaamista. Päätöksenteko demokratisoituu ja subsidiariteettiperiaatteelle syntyy tilaa niissäkin asioissa, jotka eivät ole maantieteestä riippuvaisia. Niiden osalta aluehallinto voisi luovuttaa tilaa keskenään kilpaileville edustuksellisesti valituille hallinnoille. Tämä lisäisi valinnanvapautta, vertailtavuutta, kokeilevuutta ja päätösten laadukkuutta. Päätösten simulointi ja tiedon keruu joukkoistuksen sekä prosesseihin rakennetun automaation avulla parantaisi päätöksenteon laatua. Normien sijoittaminen pelillisiin alustoihin ja tekoälyyn mahdollistaisi nykyistä joustavamman ohjauksen.

Muutoksen riskeinä voidaan pitää kasvavia kustannuksia rinnakkaisesta hallinnosta, mikäli suuruuden ekonomiaa on. Toisaalta kuntakohtaisesti on nyt 313 rinnakkaista hallintoa, jotka ovat lisäksi osin päällekäisiä valtion, kuntayhtymien ja alihankkijoiden hallinnon kanssa. Demokratian lisääminen virkamiesvallan sijaan ja keskenään kilpailevien aihealuekohtaisten hallintojen tuominen nykyisen kunnanhallinnon tilalle on tuskin ainakaan nykyistä menettelyä raskaampaa. Merkittävä riski voi olla

sekavuus, jos äänestäjät eivät halua valita erikseen päättäjiä eri hallinnonaloille vaaan ainoastaan yhden kuntaan, yhden maakuntaan ja yhden eduskuntaan sekä yhden presidentiksi. Riskiksi voi myös muuttua yhdenvertaisuus, jos keskenään kilpailevat hallinnot toteutettaisiin epätasa-arvoisella tavalla. Asiaa voitaisiin verrattain riskittömästi edistää siirtämällä jokin hallinnon osa-alue demokraattisille alustaosuuskunnille hoidettavaksi.

Muutosta hidastavia tekijöitä ovat mm. pitkä hallinnon perinne ja vaikeus edes kuvitella käsitteellisiä muutoksia nykyiseen. Demokratia tarkoittaa monille kunnanvaltuustojen, eduskunnan ja presidentin valintaa ja sitten virkamieskuntaa, jonka poliitikot valitsevat. Nykyinen hallinnon rakenne ja hallinnon sekä yksityissektorin ja kansalaisten väliset vastuurajat ovat sisäänrakennettuja hyvin moneen lainsäädäntöön. Tekninen osaaminen ja ymmärrys rinnakkaisten hallintojen ja hajautuksen sekä alustatalouden mallien hyväksikäyttöön on hyvällä tasolla.

Nousevat ammatit ja osaamisvajeet: Uudet ja nousevat ammatit muutoksen seurauksena ovat mm. simulointiasiantuntija, joukkoistuskoordinaattori, tietojen luotettavuusarvioija, tekoälyn luotettavuusvalvoja, hallinnon pelillistäjä, hallintokilpailuttaja, tekoälyhallinnon kohtuullistaja, tekoälyhallinnon tarkastaja, hallintoalustakehittäjä ja hallintoalustamoderaattori.

Muutoksen säädöstavoitteet: Hallinnon subsidiariteettiperusteen aihepohjaisuutta tulisi selvittää ja kuntien vastuita edelleen vähentää asioissa, joissa etäisyyksillä ei ole suurta merkitystä. Hallintoalustojen kehitys tulisi vastuuttaa ja tekoälyhallinnolle tulisi luoda puitteet. Vaihtoehtoisten hallintojen demokratia tulisi valmistella. Suurten virastojen johtamisjärjestelmää tulee tarkastella vaihtoehtoina poliittisesti valittu virastohallitus tai vaaleilla valittu johto. Päätösperusteet ja niiden simulointi on tehtävä läpinäkyväksi.

Kansalliset erityispiirteet: ??

http://www.stat.fi/til/kta/2016/kta_2016_2017-06-02_tie_001_fi.html

2 Sovellustaso: yksittäiset teknologialäpimurrot

Maailmaa muuttavat usein yksittäiset laitteet tai prosessit. Näiden taustalla on usein paljon sekä tieteellistä että teknologista kehitystä, historian saatossa syntynyttä infrastruktuuria, sosioekonomisia muutoksia ja patoutuneita tarpeita. Esimerkkejä ovat vaikkapa puhelin, polttomoottori, lentokone ja antibiootit. Tässä luvussa kuvataan sata tuoretta teknologia-aluetta tai teknologista ratkaisua, jotka näyttävät avaavan maailmaa mullistavia näkymiä. Kyseiset ratkaisut voivat olla vasta tieteellisen mahdollisuudet avaavan läpimurron tasolla tai tuotekategorian varhaiset ja vaatimattomat tai vielä kovin kalliit tuotteet ovat leviämisensä jo aloittaneet.

Sadan radikaalisti maailmaa muuttavan teknologiaratkaisun listalle on otettu lupaavimmat teknologiat siten, että niiden tulisi olla saatavilla viimeistään 2025.

Teknologiakori
Teknologiakori (uusi)
1.01 Ajatusten luku ja muokkaus suoraan aivoista
1.03 DNA-luenta ja kirjoittaminen (full genome)
1.04 Kuluttajahintaiset analysaattorit
1.05 Nesteiden ja kaasujen monikäyttöiset tai tulostettavat sensorit
1.06 Materiaalitutka
1.07 Laskennallinen ja muu kuvantaminen sekä paikannus
1.09 THz- ja GHz- tason lähetin- ja vastaanotinpiirit
1.10 LiFi-verkot ja muu LED-tekniikka
1.11 Plasmoniikka ja muu fotonien manipulointi
1.12 Pienet hiukkaskiihdyttimet, femto- ja nanolaserit
2.01 Puheentunnistus, puhesynteesi ja tulkkaus
2.02 Neuroverkot, syväoppiminen
2.03 Hahmontunnistusalustat ja muut AI-alustat
2.04 Kasvojen ja emootioiden tunnistus sekä projisointi
2.05 Verbot/chatbot - keskustelevat ja kirjalliset robotit
2.06 Ympäristön reaaliaikainen 3D-mallinnus
2.07 Kappaleiden helppo 3D-kuvantaminen
2.08 Tekoälyn asiantuntijasovellukset ja niiden opetusaineistot
3.01 Älylasit, AR-lasit ja laajennettu todellisuus
3.02 VR-lasit ja lisätty todellisuus
3.03 Liikkeisiin perustuvat ja haptiset ohjaimet
3.04 Nopeat ja tiheät muistimateriaalit
3.05 Assosiatiiviset muistit, hermoverkkoprosessorit
3.06 Kvanttitietokoneet ja kvanttikommunikaatio
3.07 Nanohiilet ja muut uudet elektroniikkamateriaalit
3.08 Laskentatehon radikaali kasvu
4.01 Kävelevä robotti ja kävelyavustajat
4.02 Robottiauto henkilö- ja tavaraliikenteessä
4.03 Kevyet henkilö- & tavarakuljettimet
4.04 Nelikopterit ja muut lentävät dronet
4.05 Kevyet henkilölennättimet
4.06 Kevyet jatkuvasti lentävät laitteet
4.07 Radikaali vesiliikenne
4.08 Tyhjiösukkula - Hyperloop ja muu tunnelitekniikka
4.09 Avaruuden helpompi saavuttaminen
4.10 Kyberhyönteinen ja muu biomimetiikka
5.01 Herkät robottisormet ja -kädet

Teknologiakori
Teknologiakori (uusi)
5.02 Tavaroiden 3D-tulostus
5.03 Rakennusten ja rakenteiden 3D-tulostus
5.05 Itseorganisoituva kokoonpano, parviäly ja itsekorjaavat prosessit
5.06 Ubiikki ympäristö, tavaroiden identiteetti ja IoT
5.07 Uudet robotisoidut palvelut
5.08 Uudet tavaran/aineen manipulointitavat
5.09 Robottiräätäli
6.01 Kitkattomat pinnat ja levitaatio (muista passmaglev
6.02 Kevyet ja lujat tai eristävät materiaalit
6.03 Materiaalin 3D-tulostus ja 4D-tulostus
6.04 Nanomateriaalit kuituina, kankaina ja lujitteina
6.05 Nanomateriaalien tuotanto raaka-aineiksi
6.06 Uudet erotustekniikat ja kiertotalous
6.07 Antibakteeriset ja muut hylkivät materiaalit ja pinnat
6.08 Uudet teräsbetonin korvaavat rakennusmateriaalit
6.09 Keinotekoinen lihas ja keinotekoinen iho
6.10 Makean veden tuottaminen
6.11 Älymateriaalit ja niiden simulointitekniikat
7.01 Elektroniikan ja biologian kyborgimaiset yhdistelmät
7.02 Eliniän pidentäminen ja ikääntymisen hidastaminen
7.03 Nanohiukkaset ja mikrobotit elimistössä
7.04 Geenimanipuloinnin avulla tuotetut aineet ja elimet
7.05 Perimän editointitekniikat, CRISPR/Cas9
7.06 Elämän simulointi solutasolla ja keinosolu
7.07 Soluaineenvaihdunta, mikrobiome ja tautien genetiikka
7.08 Elinten korjaaminen ja takaisinkasvatus, soluviljely
7.09 Elinten ja biomateriaalien 3D-tulostus
7.10 Dementian ehkäisy ja hoito
7.11 Soluviljelty liha ja lihan kaltainen kasviproteiini
7.12 LED-viljely, kaupunkiviljely, robottiviljely
7.13 Kasvi- ja eläinkuidut, nanosellu
7.14 Uudet radikaalit hoitomenetelmät
8.01 Halventuva, tehostuva ja keventyvä aurinkosähkö
8.02 Aurinkolämpö, lämpövarastot ja lämpö sähköksi
8.03 Energian massiivinen varastointi suurtehoakkuihin
8.04 Kevyet tai nopeasti ladattavat akut sekä kondensaattorit
8.05 Synteettiset polttoaineet ja keinotekoinen fotosynteesi

Teknologiakori
Teknologiakori (uusi)
8.06 Halpa pieni polttokenno
8.07 Vedyn edullinen säilytys
8.08 Off-Grid ja Micro-Grid -ratkaisut
8.09 CO2-talteenotto ja käyttö raaka-aineena
8.10 Sarjavalmistetut pienydinvoimalat, fissio ja fuusio
8.11 Kineettisen energian talteenotto, tuulivoima, aaltovoima ym.
8.12 Suurteholaserit, sädeaseet, magneettiaseet
8.13 Johdoton sähkönsiirto
8.14 Kulkuneuvojen uudet voimanlähteet
9.01 Yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen
9.02 Valtioiden pankit ohittava sähköraha, aikapankit
9.03 Joukkorahoitus ja muu mikrorahoitus
9.04 Oppimisen uudelleenorganisointi, osaamisen näyttö
9.05 Fyysinen robottivälitteinen työ ja AI:n johtama työ
9.06 Dark Web, TOR ja muu salattu/anonyymi tietoliikenne
9.07 Kierrätyksen, lähivalmistuksen ja talkootyön alustat
9.08 Hajautetun maksullisen työn alustat, Uber, Youtube yms.
10.01 Modulaarinen robotiikka, robottiekosysteemit
10.02 Koneiden välinen kauppa ja muu verkkokauppa
10.03 5G-verkot ja muu globaali verkkoinfrastruktuuri
10.04 Pilvilaskenta- ja tallennuspalvelut
10.05 AI:n tekemä globaali työ
10.06 Some/Apps-tietoihin perustuva oppiva AI
10.07 P2P-luottamusratkaisut, lohkoketju
10.08 Digitaide- ja digielämysalustat
10.09 MyData & GDPR
10.10 AR&VR-alustat (MS, G, A, FB, Unity)

Vaikutuksen tulisi olla laaja vuoteen 2037 mennessä. Listalle päästäkseen ratkaisun perusteet on pitänyt vähintäinkin osoittaa tieteellisessä julkaisussa.

Ratkaisut kuvataan toiminnallisuutensa perusteella ja teknisiä toteutusvaihtoehtoja voi olla useita. Samassa yhteydessä voidaan kuvata useita sovelluksia, jos näiden vaatima kehitystyö on pääosin sama.

Taulukko: Teknologialäpimurtojen ryhmät

Teknologiaryhmat	
1	Kaiken instrumentointi (mittaus ja säätö)
2	Keinoäly ja algoritminen päättely
3	Informaation varastoinnin ja käsittelyn digitalisaatio
4	Liikenne, liikkuminen ja logistiikka
5	Tavara- ja palvelutuotanto
6	Materiaaliteknologia
7	Bioteknologia ja farmakologia
8	Energiateknologia
9	Digitaaliset joukkoistusalustat
10	Globalisoituvat teknologiarajapinnat

Radikaalien teknologisten ratkaisujen ryhmittely on tehty vain lukemisen helpottamiseksi, eikä ryhmään sijoittamisella ole rajaavaa merkitystä. Perustutkimuksen tai tieteen läpimurron kaltaiset tietämyksen edistysaskeleet kuvataan luvussa neljä.

TuVRad9/2013 -raportin jälkeiset, tässä luvussa viitatut noin tuhatviisisataa teknologialähdettä on kerätty joukkoistuksessa ja ne liitetään lopulliseen raporttiin.

Kunkin sadan teknologiakorin kuvaus sisältää teknologiakorin kohdealueen rajauksen, kehityksen yleiskuvauksen, kehityksen resursointi ja kehitysmotiivin ja etenemisen edellisen 2013 raportin jälkeen. Lähteet, arvonluontiverkostovaikutukset ja suomalaiset erityispiirteet lisätään lopulliseen versioon.

2.1 Instrumentointi (mittaus ja säätö) sekä tietoliikenne

Mittausteknologia on kehittynyt siten, että voimme saada yhä herkemmillä sensoreilla tietoa ympäristöstämme ja itsestämme. Kotitalouden ostettavissa olevin laittein voidaan selvittää geeniperimä, monien aineiden koostumus tai monet lääketieteelliset havainnot. Sensorit voivat saada tarvitsemansa energian ympäristöstään ja niihin voidaan olla yhteydessä langattomasti. Sekä langattoman että langallisen tietoliikenteen avulla voimme yhdistää kaiken kerättävän tiedon käyttämiimme pilvipalveluihin.

Älykkäiden laitteiden määrän arvioidaan kaksinkertaistuvan seuraavan viiden vuoden aikana. Laitteisiin lisätään samalla yhä monipuolisempaa tietoa kerääviä antureita ja samanaikaisesti langattomat anturit kehittyvät niin pieniksi ja edullisiksi,

että niitä voidaan sijoittaa ympäristöön ja jopa ihmisen kehoon helposti. Sensoreiden lisäksi monet toimintoja aktivoivat ja ohjaavat laitteet ovat kehittyneet.

Kehityksen seurauksena ihminen saa ympäristöstä ja itsestään yhä enemmän informaatiota ja yhä useampaan toimintoon voidaan vaikuttaa etäisesti. Sekä talletettu että reaaliaikainen tieto ja ohjattavuus mahdollistavat myös hyvin kehittyneen automaation. Tämän tiedon avulla robottiavusteinen työ voidaan suorittaa robottia ohjaavan työntekijän sijaintipaikasta riippumatta. Toisaalta monia prosesseja voidaan seurata niin yksityiskohtaisesti automaation toimesta, ettei ihmisen suorittamaa tarkkailua tarvita.

Ajatusten luku ja ohjaus suoraan aivoista (1.01) **

Teknologiakorin kohdealue: Ihmisen aistit eivät aina tuota aivoihin tietoja halutulla tavalla. Syynä voi olla vamma tai aistien rajallisuus. Myös aivojen kyky ohjata ympäristöä luonnollisten eleiden ja liikkeiden välityksellä saattaa olla haluttua heikompi. Aivojen toiminnasta halutaan tietoja muistakin syistä. Tähän koriin kuuluvat ratkaisut, joiden avulla aivoille tuotetaan informaatiota aistien ohi ja ratkaisut, joissa aivojen toiminta vaikuttaa mittalaitteisiin tai toimilaitteisiin suoraan. Ratkaisut saattavat vaatia kallon sisäisiä tai ulkopuolisia laitteita.

Kehityksen yleiskuvaus: Robottikäsiä on onnistuneesti ohjattu ajatuksilla useissa kokeissa. Aivoista mitattuja signaaleja on myös kokeiltu älylasien ohjaamiseen. Aivot on onnistuneesti yhdistetty toisiin aivoihin ja saatu ajatuksia siirtymään. Ajatuksista on onnistuttu tunnistamaan sanoja.

Pään pintaan liimattavien sensoreiden lisäksi on kehitetty etäluettavia sensoreita, jotka sijoitetaan pään sisään. Käyttöaikansa jälkeen ne voivat sulaa kehossa aineenvaihdunnan osaksi. Myös bioyhteensopivia, esimerkiksi grafeenipohjaisia implantteja on tutkittu.

Aivoja on onnistuttu ohjaamaan pään ulkopuolelta laser -säteillä ja muulla sähkömagneettisella säteilyllä. Näin on onnistuttu esimerkiksi lieventämään Parkinson-oireita, parantamaan oppimistuloksia ja jopa vaikuttamaan ajatuksiin. USAn DARPA on käynnistänyt hankkeen aivojen huomattavan tarkaksi kaksisuuntaiseksi kytkemiseksi tietojärjestelmiin.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Laajin tutkimustoiminta perustuu lääketieteelliseen motiiviin. Yleisen aivojen toiminnan tutkimuksen lisäksi tutkitaan ja kehitetään yhä tarkempia menetelmiä yksilöiden toiminnallisten vajavuuksien ymmärtämiseksi ja hoitamiseksi. Kaupallisella sektorilla ja harrastepiireissä tapahtuva toiminta saattaa kasvaa merkittäväksi. Yksinkertaisilla päähän tilapäisesti asetettavilla EEG-sensoreilla pyritään ohjaamaan tietokoneita ja robotteja.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Lähinnä vastaava teknologiakori oli Suora ohjaus ajatuksilla ja se sijoittui kolmanteen ryhmään. Kategoriaa on nyt laajennettu kaksisuuntaiseksi. Eteneminen on ollut nopeaa erityisesti aivoimplanttien ja proteesien ohjauksen alueilla. Tutkimukselliset hoitotoimenpiteet ovat jo tuloksellisia ja helpoimmilta osin vakiintumassa

Kiinnostavia lähteitä:

DNA-luenta ja kirjoittaminen, Full Genome (1.03) ****

Teknologiakorin kohdealue: Virusten ja kaikkien elollisten perimä sisältää olennaisen tiedon niiden toimintaperiaatteista ja alkuperästä. DNA on myös potentiaalinen muistiväline ja synteettisen biologian koodi. DNA- ja RNA-koodia luetaan ja kirjoitetaan monista eri syistä.

Tähän koriin kuuluvat ne lukemisen ja kirjoittamisen eri tekniikat, joiden tavoitteena on koko genomin lukeminen tai halutun mittaisen DNA/RNA-sekvenssin kirjoittaminen. Tarkasti määrätyn osan muuttaminen käsitellään toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Edullisin koko genomin lukeva laite, Minion maksaa varusteineen tuhat dollaria. Palveluna genominsa voi selityksineen tilata halvimmillaan kolmellasadalla dollarilla. Hinnat ovat laskeneet nopeasti.

Minion on epätarkka, mutta sen käyttämää grafeenin reikiin perustuvaa nanoporeteknologiaa on kehitetty edelleen. Simulaatiossa on todettu, että teknologian avulla voisi perimää lukea 90% tarkkuudella ilman vääriä positiivisia tuloksia 66 miljardin emäsparin nopeudella sekunnissa. Koko ihmisen perimän voisi sillä nopeudella lukea sekunnissa 32 kertaa ja virheiden määrä laskee joka lukukerralla kymmenenteen osaan aiemmasta. Tekniikka mahdollistanee siis nopean ja käytännössä virheettömän sekä lisäksi hyvin edullisen DNA-lukijan.

Kätevyydeltään perimän selvittämistä voi tulevaisuudessa ehkä verrata valokuvaukseen. Käytännössä tulee mahdolliseksi lukea oman perimänsä lisäksi muiden ihmisten, eläinten, ruoan ja tautien perimä rutiininomaisesti.

Perimän kirjoittaminen kyetään tekemään varsin luotettavasti ja kirjoitettu perimä kyetäään jo istuttamaan elävään soluun takaisin. Tutkimushankkeissa on siirretty laajoja aineistoja eliöiden perimään ja luettu ne takaisin. Kun kirjoitettu DNA säilytetään jauhemuodossa, on sen säilyvyys erittäin hyvä ja yhteen grammaan DNA-jauhetta saadaan varastoitua 700 Teratavua dataa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Suurimpia kehityksen rahoittajia DNA-lukijoille ovat lääketiede ja elintarviketeollisuus sekä luonnontieteet. Näiden tarpeisiin kehitetään yhä tehokkaampia DNA-lukijoita. Nanoteknologian tutkijoilla on myös omat tieteelliset motiivinsa kehittää yhä tehokkaampia teknologioita muodikkaaseen sektoriin. Kuluttajien kiinnostus omiin juuriinsa ja mahdollisiin perinnöllisiin sairauksiinsa synnyttää kasvavan laitetarpeen. Jatkossa on odotettavissa, että kulutttajien kiinnostus myös ympäristöstään ja siitä, mitä he syövät tai sairastavat, kasvattaa laitekehityksen tarvetta. DNA-kirjoittimien kehitys on tietotekniikkayritysten tutkimusyksiköiden ja akateemisten tutkijoiden varassa ja laajaa kaupallista toimintaa ei vielä ole.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaava kohta 2.01 Rutiininomainen kattava DNA-luenta ei sisältänyt kirjoittamista tässsä tarkoitetulla tavalla, mutta sisälsi geenien editointitekniikat, jotka nyt on siirretty omaksi kohdakseen. Aihe sijoittui tärkeimpään ryhmään. Uusi periaate, jossa DNA vedetään grafeenissa olevan aukon läpi, oli juuri keksitty. Nyt se on kaupallistunut halvaksi taskukokoiseksi laitteeksi ja useilla kertaluokilla nopeampia ja varmempia tekniikoita on simuloitu.

Kenttäolosuhteissa käytettäviä laitteita on jo markkinoilla useita. Valtavirtatekniikoiden tuotantokustannus on neljässä vuodessa pudonnut noin kymmenenteen osaan ja käyttö on laajenemassa nopeasti. Luettujen DNA-sekvenssien tunnistamisen ja arkistoinnin metodit ovat myös kehittyneet. Kiinnostus DNA-kirjoittamiseen on laajenemassa tutkijayhteisöstä yrityksiin ja kokeilut luonnossakin leviävien eliöiden DNA:han upotettujen viestien ja kokonaan synteettisen perimän kirjoittamiseksi ovat laajenneet.

Kiinnostavia lähteitä:

Kuluttajahintaiset kehon analysaattorit (1.04) ****

Teknologiakorin kohdealue: Ihmisen keho on altis monenlaisille häiriötiloille. Liikunta, ravinto, tartuntataudit, sairaudet tunnetilat ja ympäristöolosuhteet voivat vaikuttaa kehon toimintaan. Tiedoista voi kiinnostua ihminen itse tai toinen ihminen. Kehon tila voi lisäksi vaikuttaa ihmiseen kiinnitettyihin laitteisiin tai hänen ympäristöönsä.

Tähän koriin kuuluvat ihmisten arjessa mahdolliset elintoimintojen mittaamisen tekniikat. Tarkastelun kohteena ovat toiminnalliset kokonaisuudet ja niiden keskeiset mahdollistajat yksittäisten sensoreiden sijaan.

Kehityksen yleiskuvaus: Fysiologian jatkuvaan tai usein tapahtuvaan mittaamiseen tarkoitetut laitteet kehittyvät ja yleistyvät nyt erittäin nopeasti. Applen iPhoneen saa lisälaitteina mm. ultran, mikroskoopin, retinan tai tärykalvon kuvaukseen sopivan kuvauspään, EKG:n, ja useita muita mittalaitteita. Osa näistä on jo USAn lääkintäviranomaisen FDA:n hyväksymiä. Laitteet on osittain tarkoitettu terveydenhuollon ammattilaisten kenttäkäyttöön, mutta pääosin kuluttajien oman terveydentilan seurantaan. Apple on kehittänyt järjestelmän, jolla kuluttaja voi helposti siirtää mittaustuloksensa häntä hoitavan lääkärin nähtäväksi.

Nopeaa kehitystä on raportoitu hyvin halvan verenkuvan ja mikroaaltostetoskopian alueilla. Ihoon tai piilolinssiin on kiinnitetty glukoosisensoreita ja hemoglobiinitaso kyetään mittaamaan silmäluomen kännykkäkuvasta, 5kg painoinen dialyysivyö ja yhä kehittyneemmät diagnostiikkarannekkeet ovat tuoreiden uutisten joukossa.

Uusia testejä, kuten 34$ hintainen HIV- ja syfilistesti, tulee markkinoille kännyköiden lisälaitteina. Tautien tunnistaminen hengityksestä ja elintoimintojen jatkuvaan mittaukseen tarkoitetut ihonmyötäiset hengittävät tarrat ovat nopean kehityksen kohteita.

Tricorder X-Prize -kilpailun voitti kaksi kannettavaa laitetta, jotka tunnistavat luotettavasti useita nimettyjä tauteja maallikon käyttämänä. On hyvin todennäköistä, että jo 2020-luvulla monet sairaudet ja tautitilat voidaan luotettavasti tunnistaa potilaan itsensä toimesta kotona.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Lääketieteellisen tutkimuksen tarpeisiin kehitetään sekä tutkimusmenetelmiä että laitteita. Osa menetelmistä edellyttää potilaan jatkuvaa seurantaa. Elektroniikkateollisuus kehittää kuluttajakäyttöön laitteita sekä terveiden että sairaiden ihmisten elintoimintojen seuraamiseen. Lääketieteellisen tutkimuksen ja hoidon ohella kuluttajakiinnostus on tärkeä kehityksen motiivi. Kuluttajakiinnostus on johtanut useiden yritysten syntyyn joukkorahoituksen kautta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Vastaava kohta edellisessä raportissa oli 2.7 Henkilökohtainen oman kehon analysaattori ja se sijoittui korkeimpaan ryhmään. Tricorder X-Prize -kilpailu oli julkistettu kunnianhimoisine tavoitteineen, mutta markkinoille ehtineissä kuluttajatuotteissa elintoimintojen mittaaminen oli hyvin yksinkertaista eikä tarkoitukseen soveltuvia älypuhelinten lisälaitteita juurikaan ollut.

Elintoimintojen mittaamiseeen tarkoitettujen laitteiden kuluttajistuminen ja kehon sisällä kulkevien ja tietoa keräävien mittalaitteiden sekä ihoon kiinnitettävien mittalaitteiden kehitys on ollut erityisen nopeaa edellisen raportin julkaisun jälkeen. Läpimurtoja on tapahtunut näiden laitteiden kyvyssä kommunikoida radioteitse sekä kehon sisältä että ihon pinnasta.

Kiinnostavia lähteitä:

Nesteiden ja kaasujen monikäyttöiset tai tulostettavat sensorit (1.05) ****

Teknologiakorin kohdealue: Kemiallinen monimutkaisuus kasvaa jatkuvasti. Meillä on jatkuva tarve tietää, mitä aineita ympäristössämme on. Kyse voi olla tuotteiden laadusta tai turvallisuudesta, mutta myös tuotantoprosessien säätämisestä, taudeista tai luonnollisen ja rakennetun ympäristön tilan seurannasta.

Tähän koriin kuuluvat ne sensorit ja mittalaitteet, jotka tunnistavat nesteiden ja kaasujen koostumuksen fyysisen kontaktin avulla siten, että menetelmä ei ole yksinomaan optinen. Keskiössä on ”Lab on a Chip” -tekniikka, jossa yksittäinen piiri, painettu sensori tai pieni sarjavalmisteinen laite kykenee nopeasti tunnistamaan suuren joukon eri aineita.

Kehityksen yleiskuvaus: Biosensorikehitys on nopeaa. Uusia sensoreita ja diagnostiikkasovelluksia on vastikään toteutettu mm. syöpäalttiuden tunnistamiseen, laajan virusjoukon tunnistamiseen yhdellä testillä, syövän tunnistamiseen hengityksestä ja itsemurhariskin tunnistamiseen verestä.

Bakteereja on muunneltu syöpää tunnistaviksi, huumetesti tulostettu paperille ja laaja virus- ja proteiinikartoitus voidaan jo tehdä taskukokoisella laitteella herkän sensorin ja optisen analyysin yhdistelmänä. Monia tautien markkereita nopeasti tunnistavia biosiruja ja niitä käyttäviä laitteita on tullut markkinoille.

Verisuonten- ja solunsisäisten sensoreiden energiaongelmia on ratkottu. Kehon läpi kuuluva radiolähetin saadaan toistaiseksi tutkimustiedon mukaan 1mm*1mm*10mm kokoon. Mustesuihkutekniikalla on onnistuttu tulostamaan sensoreita ja elektroniikkaa paperille. Monet grafeenipohjaiset sensorit ovat myös kehittymässä erittäin edullisiksi.

Tutkimustasolla tunnistetaan homeitiöitä, vaatteisiin suunnitellaan kaasusensoreita varoittamaan terveydelle haitallisista olosuhteista, kaasukromatografit ovat muuttumassa edullisiksi. Hajuja on kokeiluissa ryhdytty digitoimaan ja tulostamaan ja hajujen perusteella osataan päätellä kasvava määrä asioita.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tärkeitä kehittäjiä ovat elektroniikkateollisuus, kemianteollisuus ja akateeminen tutkimus. Motiiveina ovat erityisesti prosessien taloudellisuus, turvallisuus ja akateemisen

tutkimuksen tarkkuus sekä mittalaitteiden kauppa teollisuuden ja kuluttajien tarpeisiin.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Lähinnä vastaava kohta on 2.2 Tauteja, fysiologisia tiloja ja organismien ominaisuuksia nopeasti ja halvalla tunnistavat biosirut tai biosensorit, joka sijoittui korkeimpaan ryhmään.

Viljelyä aiemmin vaatineet testit voidaan nyt suorittaa nopeasti pienillä kenttäolosuhteisiin tarkoitetuilla laitteilla. Tutkimustasolla kaasujen tunnistimet ovat nyt ratkaisevasti herkempiä. Naturen raportoima pieni laite jakaa näytteen 170 tuhanteen eri haaraan mikrokanaviston sekä optiikan avulla ja tunnistaa jokaisen kanavanosan molekyylit erikseen. Tavoitteena on tunnistaa näytteestä esimerkiksi proteiineja ja viruksia.

Paperille tulostetut sensorit ovat myös kehittyneet nopeasti ja reagenssien lisäksi pintaan voidaan tulostaa elektroniikkaa. Tämä mahdollistaa hyvin monipuoliset ja edulliset, tarpeen mukaan tulostetut testit.

Kiinnostavia lähteitä:

Materiaalitutka (1.06) ****

Teknologiakorin kohdealue: Ympäristössämme on monia materiaaleja ja aineita, joiden ominaisuudet kiinnostavat meitä ilman, että voimme tai haluamme ottaa niistä näytettä tutkittavaksi. Fotonit heijastuvat eri tavoin eri aineista ja säteily muuttaa muotoaan eri tavoin myös sen läpäistessä eri aineita. Kyse voi olla aineen sokeripitoisuudesta, lääkkeen aitoudesta, metaanivuodon paikantamisesta tai hengityshöyryjen analysoinnista.

Tähän koriin kuuluvat teknologiat, jotka tunnistavat aineita niiden läpäisemän tai heijastaman säteilyn perusteella ilman, että laite on suoraan kosketuksissa tutkittuun aineeseen.

Kehityksen yleiskuvaus: Spektrometri mittaa säteilyn eri taajuuksien voimakkuutta. Koska materiaalin koostumus vaikuttaa säteilyyn, voidaan menetelmän avulla päätellä säteilevän tai säteilyä heijastavan aineen koostumus. Infrapuna-alueella molekyylien tunnistaminen perustuu heijastuvan säteilyn ”sormenjälkeen”. Terahertsitaajuuksilla tunnistus voi olla tarkempaa. Voidaan jopa muodostaa kuva molekyylirakenteesta.

Halvin kaupallinen materiaalitutka on SCIO, joka maksaa 299$. Suomessa vastaavaa teknologiaa on kehittänyt Spectral Engines. Suuremmilla etäisyyksillä Suomessa tutkitaan materiaalitutkan sovelluksia sotilaskäytössä. Esimerkiksi maastokankaat erottuvat muusta maastosta.

Dial Lidar -järjestelmillä voidaan lentokoneesta käsin tunnistaa metaanipurkauksia ja kadunvarresta tunnistaa ohiajavan auton sisäilman alkoholipitoisuus. Wifi-taajuuden heijastuksia mittaamalla voidaan seurata liikkuvia ihmisiä ja muita objekteja seinien läpi ja esimerkiksi mitata heidän pulssinsa. Tärkeä materiaalikoostumusta mittaava teknologia edellisten lisäksi on magneettikuvaus, johon on kehitetty kestomagneetteihin perustuvaa pienikokoista versiota.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimusalue on kehittynyt tähtitieteen tarpeista. Lääketiede, sotilasteknologia, elintarviketeollisuus ja materiaaliteknologia ovat tärkeitä kehityksen rahoittajia. Scio sai alkunsa joukkorahoituksesta, Spectral Engines VTT:n tutkimushankkeesta. Kulutuselektroniikkateollisuuden kilpailu on nouseva kehityksen motiivi.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Materiaalitutka, edellisen raportin kohta 2.40, nousi korkeimmalle tasolle. Eteneminen on ollut nopeaa sen jälkeen. Kuluttajatuotteista ei ollut tietoa 2013 raportin aikaan ja teknologian soveltaminen teollisuuden tai lääketieteen alueella oli vähäistä, vaikka monia sovellusmahdollisuuksia visioitiin. Nyt ruokaskannereiden valmistajia on useita, kuluttajatason lääketieteellisten laitteiden kokeilijoita on useita, teollisuuden käyttö merkittävää ja laitteita käytetään moniin eri tarkoituksiin sotilaskäytöstä kemikaaliturvallisuuteen. Ensimmäinen kännykkä on markkinoilla, johon IR-spektrometri on integroitu.

Kiinnostavia lähteitä:

Laskennallinen ja muu kuvantaminen sekä paikannus (1.07) ***

Teknologiakorin kohdealue: Me tarvitsemme tietoja ympäristömme geometriasta ja omasta sijainnistamme suhteessa muuhun ympäristöön. Liikkuminen, rakennusten suunnittelu, muotojen toistaminen tai kappaleiden olemuksen ymmärtämisen ovat esimerkkejä tarpeesta. Sekä ihmiset että erityisesti liikkuvat koneet tarvitsevat 3D-muotoja ja omaa sijaintitietoa suhteessa mallinnettuun todellisuuteen.

Tähän koriin kuuluvat sekä kuvantamiseen että paikantamiseen liittyvät sensoriteknologiat, mutta ei varsinaista mallinnusta.

Kehityksen yleiskuvaus: Laser- ja spaser -pohjaisten Lidar–järjestelmien kehitys on ollut nopeaa. Niiden avulla voidaan tehdä ympäristöstä 3D-malli ja tunnistaa esineiden etäisyydet, muodot ja liikenopeudet. Lidar mittaa eri suuntiin lähettämiensä signaalien heijastusaikoja ja päättelee siitä pintojen etäisyydet. Kyse on siis laser-etäisyysmittauksen kehittyneestä versiosta.

Lidar-järjestelmät ovat tärkeä osa robottiliikennettä ja niitä on jo jopa hyvätasoisten robotti-imureiden osina. Lidar-järjestelmien yhteydessä käytetään usein muita etäisyyttä mittaavia keinoja, kuten tutkaa ja infrapunatutkaa, joilla kullakin on vaikutusta esimerkiksi sateen läpäisyyn, heijastusetäisyyteen ja syntyvän kuvan tarkkuuteen sekä havaittuihin materiaaleihin.

Laser ei ole ainoa keino etäisyyden mittaamiseksi. Eri suunnista otettuja kuvia voidaan verrata toisiinsa ja laskea kulmamuutosten avulla etäisyydet. Verkkosilmien kaltaisilla rakenteilla voidaan sama ilmiö saada aikaan ilman perinteistä linssiä ja tuottaa suoraan kolmiulotteisia kuvia. Tämä edellyttää eri suunnista tulevien fotonien erottamista toisistaan ja havaintojen yhdistämistä laskennallisin keinoin. Vastaavin keinoin voidaan heijastuneista tai aineen läpi kulkeneista laserpulsseista muodostaa laskennallisia kuvia nurkan takana olevista objekteista, seinien takana olevista ihmisistä tai materiaalirakenteesta. Nämä kaikki alueet ovat nopeassa kehitysvaiheessa pääosin tutkimustasolla.

Sijainnin voi mitata myös suhteessa satelliitteihin tai muihin radiomajakoihin. GNSS-järjestelmät ovat kehittyneet aiempaa tarkemmiksi ja hyvissä olosuhteissa jopa senttimetritarkkuus on mahdollinen. Näihin järjestelmiin voidaan tarvittaessa lisätä majakoita, jotka parantavat tarkkuutta. Satelliittipaikannuksen yhteydessä käytetään usein inertialaitteita, joiden avulla paikkatietoa voidaan ylläpitää GNSS-järjestelmän katvealueilla.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Lidar-järjestelmiä kehitetään robottiliikenteen nopeasti avautuvien markkinoiden tarpeisiin. Odotetut suuret valmistusmäärät vaikuttavat tuotekehityspanoksiin. Uusia antennitekniikoita ja suuntaamista ilman liikkuvia osia sekä uusia aaltoalueita tutkitaan myös akateemisissa piireissä sekä tieteellisen kiinnostuksen että aihealueen yhteiskunnallisen merkityksen vuoksi.

Laskennallista kuvantamista ja litteitä kameroita tutkitaan sekä akateemisen motiivin että elektroniikkateollisuuden pitkän tähtäimen liiketoiminnan motivoimana. Tavoitteena on sekä tutkimuksellisen ymmärryksen lisääntyminen ja uudet tutkimusvälineet että kuluttajaelektroniikka.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä kori yhdistää alkuperäisen raportin kohdat 2.38 Halpa LIDAR ja 2.39 Linssitön kuvantaminen ja laskennallisesti muodostetut kuvat, jotka kumpikin nousivat toiseksi korkeimpaan ryhmään. Lidar-järjestelmien hinnat ovat nyt olennaisesti laskeneet ja laatu parantunut. Mekaanisesti pyörivien laitteiden ohella kehitetään ”solid-state” laitteita. Hintojen radikaalia laskua ennakoidaan valmistusmäärien kasvaessa. Lyhyen kantaman sisätiiloissa toimivat solid state -lidarit ovat jo muuttuneet edullisiksi.

Tutka-alueen ja THz-alueen käyttö kuvantamisessa on yleistynyt ja kyvykkyys esimerkiksi sateen ja sumun aiheuttaman kohinan poistamisessa kuvasta on edennyt. Litteä kamera on kehittyynyt sekä laskennallisen kuvanmuodostuksen että diffraktioon perustuvan linssin avulla. Menetelmiä on ryhdytty käyttämään myös mikroskooppisten asioiden selvittämiseen, laajojen ja taipuisten pintojen käyttöön kamerapintana sekä esimerkiksi käden asentojen tunnistamiseen käyttöliittymässä.

Kiinnostavia lähteitä:

IR, THz- ja GHz- tason lähetin- ja vastaanotinpiirit (1.09) ***

Teknologiakorin kohdealue: Radioaaltojen ja näkyvän valon aallonpituuksien väliin sijoittuvat mikroaallot, terahertsiaallot ja infrapuna-aallot. Näillä kullakin on erityisominaisuuksia sen suhteen, miten ne etenevät tai heijastuvat eri materiaaleissa, kuinka paljon informaatiota niiden avulla voi välittää ja kuinka vaativaa niiden modulointi ja moduloidun signaalin lukeminen ovat.

Viestinnän lisäksi näitä aaltoalueita voidaan käyttää esimerkiksi energian siirtoon ja materiaalien sekä etäisyyksien analysointiin. Koska kyse on radiotaajuuksia selvästi suuremmista nopeuksista edellyttää signaalien ja erityisesti aaltomuotojen digitaalinen manipulointi optoelektroniikalta ja elektroniikalta suuria nopeuksia.

Kehityksen yleiskuvaus: Gigahertsialueella tutuimmat sovellukset ovat olleet taajuusalueen alkupäässä tutka-, tietoliikenne- ja mikroaaltouunisovellukset. Esimerkiksi kolmen Gigahertsin kohdalla puhutaan kymmenen senttimetrin aallonpituuksista. Kehitykselle olennaista on ollut se, että antennit on opittu tekemään aallonpituutta lyhyemmiksi.

Terahertsiaaltoja kyetään uusien teknologioiden avulla manipuloimaan ja analysoimaan. Terahertsiaaltoihin perustuville laitteille on jo erikoisliikkeitä. Tutkimustuloksia ja käytännön sovelluksia syntyy runsaasti. THz-aaltoalue mahdollistaa esimerkiksi melko tarkan tutkakuvan lumi- tai vesisateesta riippumatta.

Spektroskopiassa terahertsialueen tuottaa infrapuna-aluetta yksityiskohtaisempaa tietoa, koska vähäisemmän energiamäärän vuoksi se ei häiritse tutkittavaa kohdetta niin helposti. Terahertsiaaltojen avulla langattoman viestinnän nopeutta voidaan kasvattaa useilla kertaluokilla esimerkiksi Gigahertsialueella toimivaa WiFi-signaalia nopeammaksi.

Infrapuna-alueella signaalien tarkka vastaanotto on mahdollistanut erittäin nopean viestinnän lisäksi energian langattoman siirtämisen ja vastaanottamisen, lämpökamerat ja materiaalitutkan kaltaiset laitteet. Tehokas infrapunavastaanotin, joka muuttaa säteilyn sähköiseksi signaaliksi, voi kerätä lämpöenergiaa talteen prosesseista, joissa lämpötilaero ei muutoin ole tehokkaasti hyödynnettävissä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Elektroniikkateollisuus kehittää laitteisiinsa yhä nopeampia menetelmiä tietoliikenteen tarpeisiin. Tämä kehitys palvelee välittömästi laajan kuluttajajoukon nopeasti kasvavia tarpeita. Energian siirron ja talteenoton sekä aaltomuotojen monipuolisemman analysoinnin alueilla kehitysmotiivi on kapeampi ja pitkäaikaisempi. Tutkimus on akateemisesti kiinnostavaa ja aktiivista kaikilla osa-alueilla.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Lähin vastaava kori edellisessä raportissa on 2.44 Terahertsiaaltojen manipulointi grafeenilla, joka sijoittui toiseksi tärkeimpänä pidettyyn ryhmään.

Sekä Gigahertsiaaltoja että Terahertsiaaltoja on edellisen raportin jälkeen opittu käsittelemään huomattavasti aiempaa helpommin. Kummallekin alueelle on tuotettu yhden mikropiirin ratkaisuja, joihin on myös saatu antenni ja jopa suuntaava antenni samalle piirille.

Kuituyhteydellä on saavutettu Terabitin sekuntinopeus kaupunkien välillä. Wifi-alueella ja Terahertsialueella on saatu aikaan täysin passiivisia tai hyvin vähän energiaa vaativia piirejä, jotka saavat tarvitsemansa tehon vastaanottamastaan signaalista.

Terahertsiaalloille on toteutettu keskittävä linssi, ja Terahertsivastaanotin on tulostettu joustavalle materiaalille. IR-alueelle on kehitetty useita herkkiä valokennoja sekä säteiden tunnistamiseen että niiden muuttamiseen sähköenergiaksi.

Kiinnostavia lähteitä:

LiFi-verkot ja muu LED-tekniikka (1.10) *

Teknologiakorin kohdealue: Näkyvällä valolla on monia sovellusalueita. Näitä on rajannut valon tuottamiseen ja halutun aallonpituuden säätämiseen liittyvä vaikeus. LED-valo on viime aikoina nopeasti yleistynyt ratkaisu energiatehokkuutensa ja useiden muiden ominaisuuksiensa vuoksi. Se perustuu elektroluminenssiin ja syntyy jännitteen seurauksena diodissa, jossa elektroni diodiin aikaansaadun reiän avulla putoaa alemmalle energiatasolle ja vapauttaa fotonin, jonka aallonpituus vastaa energiatason alenemaa.

LED-tekniikka on alentanut tietoliikenteen kustannuksia optisissa kuiduissa. Uusien LED-valaisimien hyvä hyötysuhde ja mahdollisuus aallonpituuden rajaamiseen ovat parantaneet keinovaloon perustuvan viljelyn energiatehokkuutta. LED-tekniikka on myös mahdollistanut laadukkaat TV-monitorit ja muut näyttöpinnat.

Kehityksen yleiskuvaus: LEDin toimintaperiaate keksittiin teoriassa 1900-luvun alussa. Ensimmäinen toimiva LED saatiin aikaan 1960-luvulla. Aluksi LED-valot olivat pieniä yksivärisiä tuikkuja. Vielä 2000-luvun alussa suuritehoiset LED-valaisimet olivat kalliita. Uusien elektroniikkamateriaalien avulla LED-tekniikka on kehittynyt nopeasti ja sovellukset ovat monipuolistuneet.

Huonekohtaiseen langattomaan kommunikointiin soveltuva LED-teknologia on nimetty LiFi-yhteydeksi. Tiedonsiirto perustuu LEDien erittäin suureen kytkentänopeuteen. Teoreettinen nopeus on 10.000 kertaa nykyisin laajasti käytettyä langatonta WiFi-yhteyttä suurempi. Tutkijat ovat saavuttaneet 224Gbps nopeuden. Ensimmäinen LiFi-tuote, Li-1st julkaistiin 2014.

Näyttölaitteissa OLED-näytöt ovat korvanneet laajasti muita teknologioita. Suurikokoiset ja tarkat 4K-näytöt ovat muuttumassa tavalliseksi kulutuselektroniikaksi. Grafeeniin tehtyjen kvanttipisteiden avulla diodit kykenevät tuottamaan valoa erittäin tehokkaasti ja vaihtelevilla aallonpituuksilla. Niin kutsutun mikro-LED-tekniikan ennakoidaan korvaavan OLED-tekniikkaa ja muita tekniikoita etenkin kannettavissa laitteissa ja myöhemmin myös suurikokoisissa ja entistä tarkemmissa näyttöpinnoissa.

Valaisimissa LED-tekniikka on 2010-luvulla levinnyt melko laajaan käyttöön. Energiatehokkaan valaistuksen markkinoiden arvioidaan edelleen kasvavan globaalisti 300 miljardiin dollariin vuoteen 2025 mennessä. Hyötysuhteen paraneminen, hinnan lasku ja mahdollisuus kasveille suotuisiin aallonpituuksiin lisää jatkuvasti keinovalaistun sisäviljelyn suosiota.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi on voimakas sekä valaistusteollisuuden, viihde-elektroniikan että tietoliikennetekniikan alueilla. Mainituista alueista LiFi on vielä käynnistysvaiheissa eikä asiakasrahoitus vielä kanna merkittäviä tuotekehitysinvestointeja. Kaikkiin aihealueisiin liittyy merkittävää akateemista kiinnostusta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaavia kohtia ovat 2.24 Suuret kosketusnäytöt ja 2.96 LED-”radio”. Raportin kirjoitushetkellä LiFi-termi ei ollut käytössä. Nyt LiFi-verkkoja otetaan jo kaupalliseen käyttöön. Tuotteina on mm. LiFi-USB-sovittimia ja LiFi-valaisimia.

Suuret näyttölaitteet olivat vuosikymmenen alussa harvinaisia. LED korvasi ensin litteissä LCD-näytöissä aiemmin käytetyn taustavalon. Nyt nopeasti yleistyvissä OLED-näytöissä käytetään jo värillisiä ledejä eikä vanhempaa LCD-tekniikkaa ole niissä enää ollenkaan läsnä.

Markkinoille on myös jo tullut kvanttipisteitä käyttävä QLED-tekniikka, joka kykenee suureen värikylläisyyteen. Tulossa on myös mikroLED-tekniikka, jonka arvellaan aluksi valtaavan pienten päälle puettavien laitteiden markkinoita ja toimitusmäärien arvellaan nousevan satoihin miljooniin kappaleisiin muutaman lähivuoden aikana. Nyt on demonstroitu jo erittäin tarkkoja mikroledeihin perustuvia 8K*2K näyttölaitteita.

Edellisen raportin kirjoitushetkellä LED-valaisimet olivat vielä kalliita. Eteneminen on ollut nopeaa. LED-valaisimien hinnat ovat romahtaneet ja synnyttäneet sisäviljelystä nopeasti nousevan toimialan. Valaisinpinnoista puhutaan nyt LED-tekniikan mahdollistamana uutena asiana.

Kiinnostavia lähteitä:

Plasmoniikka ja muu fotonien manipulointi (1.11) ***

Teknologiakorin kohdealue: Plasmoniikka kuvaa monimutkaista valon ja sähkön vuorovaikutusta. Kun elektronit värähtelevät ryhmänä jossakin aineessa, puhutaan niistä elektroniaalloista plasmoneina. Mikäli värähtely tapahtuu lähellä fotonin taajuutta, estää se fotonin kulun materian läpi. Pinnassa tapahtuva värähtely voi heijastaa fotonin takaisin tai jopa vangita sen ja muodostaa exiton polaritonin yhdessä plasmonin kanssa.

Materian laatu vaikuttaa elektronien värähtelyyn, mutta myös kappaleen muoto ja koko. Jotta saataisiin efektejä näkyvään valoon, esimerkiksi rakenteisia värejä, tulisi muotojen olla 400 nanometrin pienemmällä puolella. Tähän liittyvää ymmärrystä voidaan käyttää esimerkiksi läpinäkyvien materiaalien tuottamiseen, pintamateriaalien tunnistamiseen ja valon modulointiin.

Grafeenin avulla plasmoniikalla on kyetty saamaan selkeitä, valoa ja sähköä kontrolloitavia efektejä aikaan. Merkittävä osa tutkimuksesta tapahtuu näkyvän valon ohella Terahertsi- ja infrapuna-alueilla. Useita muita materiaaleja kokeillaan erilaisten käytännön sovellusten kehittämiseksi.

Kehityksen yleiskuvaus: Valon taajuutta ja vaihetta moduloimalla on pyritty moninkertaistamaan yksittäisen valokuidun kapasiteetti. Fotonilinkkejä on miniatyrisoitu ja fotoniikan osuutta piiritekniikassa on kasvatettu. Elektronien hitautta ja vastuksesta aiheutuvaa lämpöhukkaa pyritään kiertämään fotoneihin perustuvia signaaleja käyttämällä.

Optisen vorteksin hyväksikäyttöä tutkitaan. Kyse on yksittäisten fotonien akselikulman moduloinnista viestinnässä. Samalla aallonpituudella on mahdollista amplitudin ja taajuuden lisäksi moduloida akselikulmaa. Sen säätämisen ja havaintotarkkuuden kasvu on ainoa, joka rajoittaa lähetettävän informaation määrää. Teoriassa yksittäinen fotoni voi sisältää valinnaisen suuren määrän informaatiota, jos sen kulma kyetään lukemaan tarkasti.

Plasmoniikan avulla toteutetaan pieniä lähetyssignaalia suuntaavia kampa-antenneja. Signaalia lähempiin tai etäämpiin kamman haaroihin viivästetään plasmoniikan avulla siten, että lähetysaallon tai vastaanoton kulma on haluttu. Antenneista saadaan myös lyhyempiä, kun valon etenemisnopeutta hidastetaan. Näin ne voidaan saada mahtumaan paremmin mikropiireihin.

Läpinäkyvinä materiaaleina on kehitetty mm. kirkas alumiini ja sähkömagneettinen absorberi. On myös kehitetty musta materiaali, jonka heijastavuus on vain 0.035%. Plasmoniikkaan nojautuvia sovelluksia materiaalien tunnistamisessa ja energian talteenotossa on kuvattu muissa koreissa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Pääosa plasmoniikan tutkimuksesta tapahtuu akateemisen kiinnostuksen perusteella, mutta tietoliikenne ja elektroniikkateollisuus kohdistavat alueeseen kasvavaa kiinnostusta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Lähin edellisen raportin kori on 2.97 Langaton siirto 2,5 Terabittiä sekunnnissa (Vortex Beam), joka sijoittui toiseksi tärkeimpään ryhmään. Raportin julkaisun jälkeen ilmeni, että koelaitteistot ovat erittäin herkkiä ja vaativia ja siltä osin eteneminen julkaisujen tasolla on ollut hidasta. Selkeää etenemistä on kuitenkin tapahtunut nanomittakaavassa toteutetulla koelaitteistolla ja vaikuttaa ilmeiseltä, että tekniikka muuttuu tarkastelujaksolla käytännölliseksi.

Plasmoniikan käyttö mikropiiritason THz- ja IR -suunta-antenneissa on uusi ja nopeasti edennyt asia, kuten myös taajuuskampa-sovellukset valon taajuuksilla. Spaser-tekniikat etenevät myös nopeasti. Tuoreimpana kirjoitushetken uutisena on 22 nanometrin kokoinen spaser, joka tappaa kehossa syöpäsoluja ne tunnistaessaan.

Grafeenista on toteutettu nanotason linssi, fotoniantennit, plasmonien kuvantamismenetelmät ja Weylin partikkeleiden avulla toteutettavien laitteiden tutkimus ovat myös osa tuoreinta tutkimusta ja siihen voi perehtyä alla olevien lähteiden avulla. On ilmeistä, että koko plasmoniikan alue tulee synnyttämään merkittäviä uusia innovaatioita, joiden luonnetta ei nyt kyetä laajasti arvioimaan.

Kiinnostavia lähteitä:

Pienet hiukkaskiihdyttimet, femto- ja nanolaserit (1.12) ***

Teknologiakorin kohdealue: Valon ja muun taajuisten fotonien saattaminen samantahtisiksi tuo lasersäteelle erityispiirteitä. Samantahtisen säteen suunta säilyy normaalia valonsädettä paremmin. Lisäksi pienelle alueelle voidaan pakata suurempi teho. Sädettä voi käyttää viestintään tai mittaamiseen ja sillä voidaan vaikuttaa kohteisiin. Suurteholasereilla voidaan esimerkiksi leikata paksuakin terästä, mutta suurteholaserit ja niiden asekäyttö käsitellään toisessa korissa. Vähäisemmillä lasereilla on mahdollista esimerkiksi 3D-tulostimissa valmistaa tavaroita, suorittaa silmäleikkauksia ja lukuisia muita tehtäviä.

Mittaustarkoituksissa lasersädettä voidaan moduloida ajan funktiona. Näin heijastuvasta signaalista voidaan päätellä, milloin se on lähetetty ja kuinka pitkän matkan se on kulkenut. Laser voi lähettää säteitä jatkuvasti tai se voi lähettää säteen lyhyinä purskeina. Tällöin puhutaan tyypillisesti femtosekunnin lasereista.

Osittain lasersäteen kaltaisia ovat muut hiukkassäteet, kuten esimerkiksi elektronisuihku. Hiukkaskiihdyttimistä puhutaan, kun elektroneja, protoneja tai muita alkeishiukkasia kiihdytetään suureen nopeuteen. Korkeaenergisillä hiukkassuihkuilla voidaan tutkia materian ominaisuuksia, mutta myös muokata niitä.

Kehityksen yleiskuvaus: Laserit yleensä ja femtosekunnin laserit erityisesti ovat kehittyneet nopeasti. Laserien minimikoko on radikaalisti pienentynyt ja aaltoalueiden valikoima on laajentunut mikroaalloista aina röntgensäteisiin. Laserit ovat muuttuneet viritettäviksi siten, että taajuusaluetta on mahdollista säätää nopeasti. Jopa femtosekunnin laserin peräkkäiset pulssit voidaan lähettää eri taajuuksilla.

Hiukkaskiihdyttimet ovat perinteisesti olleet erittäin suuria laitteita. Nyt on onnistuttu pienentämään niitä kannettavien laitteiden kokoon ja jopa mikropiirikokoon. Varsinaisten alkeishiukkasten lisäksi plasmoneja ja muita kvasipartikkeleita kyetään generoimaan mikropiiritasolla. Kehitys on edennyt niin nopeasti viime vuosina, ettei edes jo olemassaolevien kykyjen kaikkia sovellusmahdollisuuksia ymmärretä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehityksen ensisijainen moottori on selkeästi akateeminen tutkimus. Teknologialla on merkittäviä sovelluksia, mutta vaikutukset ovat siten pitkävaikutteisia, ettei yritysten tuotekehitysmotiivi kokonaan uusien teknologioiden kehitykseen ole riittävä. Toisaalta akateeminen tutkimus etenee jatkuvasti ja tutkimuspanokset vaikuttavat merkittäviltä.

Laser-teknologialla on jo ollut suuri vaikutus mm. lääketieteeseen ja kulutuselektroniikkaan sekä teollisuuteen ja robottiliikenteeseen. Vaikutuksen voi arvioida tulevaisuudessa kasvavan olennaisesti ja yritysten kiinnostuksen samalla kasvavan.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä kori on uusi ja lisätty, koska alue kehittyy nyt erittäin nopeasti. Uutena kehityksenä mm. yhdellä reaaliaikaisesti säädettävällä laserilla on toistettu koko näkyvän valon alue. Mahdollisina sovellusalueena pidetään näyttölaitteita ja LiFi-verkkoja.

Sekä mikroaaltolaser että Terahertsilaser on saatu mikropiirikokoon. Femtosekuntilaserin pulsseihin on saatu viiden petawatin (10^{15}W) teho. Suuri lyhytaikainen intensiteetti aikaansaa vaikutuksia, joita sama energiamäärä ei pidemmän ajan kuluessa esimerkiksi lämmön siirtymisen vuoksi saa aikaan.

Hiukkaskiihdyttimiä on onnistuttu pienentämään. Pöydälle mahtuva laite voi singota elektronit useiden gigaelektronivolttien energiatasoihin. Näyttää mahdolliselta tuottaa pienillä laitteilla samanlaatuisia hiukkassuihkuja, joihin on toistaiseksi tarvittu kilometrien mittaisia kiihdyttimiä.

Kiinnostavia lähteitä:

1.1. Tekoäly ja algoritminen päättely

Tekoäly ja algoritminen päättely ovat laajan globaalin huomion kohteena monien tuoreiden läpimurtojen vuoksi. Kehityksen seurauksena yhä useammat tietojenkäsittelytehtävät voidaan automatisoida. Tämän seurauksena syntyy yhtäältä johtajattomia organisaatioita, toisaalta yhä monimutkaisempaa byrokratiaa. Tekoälyä kehitetään nyt oppivaan suuntaan. Kyse ei enää ole siitä, että kone ratkaisisi ongelmia, jotka sille on valmiiksi ohjelmoitu, vaan koneet kykenevät oppimaan kohtaamistaan tilanteista ja etenemään kohti uusia ratkaisuja tutkijoiden tavoin. Demonstraatioissa tekoäly kykenee esimerkiksi tunnistamaan ihmisten tauteja, pelaamaan itselleen tuntemattomia videopelejä, tunnistamaan kuvien sisältöjä, ratkaisemaan keskikoulun matematiikan tasokokeen tehtäviä ja jopa löytämään tieteellisiä läpimurtoja.
Useat tahot ovat julkaisseet tekoälysovellusten kehittämistä jouduttavia alustoja. Jonkin alustan yleistyminen tekee mahdolliseksi sille alustalle kehitettyjen sovellusten ja laitteiden vaihtaa osaamista keskenään. Jos siis yksi robotti tunnistaa ongelmatilanteen ja ratkaisee sen, voi se jakaa tiedon muille samaa alustaa käyttäville koneille.
Tekoälyn vaikutukset eivät siis rajaudu vain aineettomaan tietojenkäsittelyyn. Robotit ja ihmisen käyttämät monet muut laitteet voivat sen avulla tunnistaa ympäristönsä ja oppia suorittamaan tehtäviä. Kehityksellä on arvioitu olevan hyvin merkittävä vaikutus nykyisiin työpaikkoihin ja jopa yhteiskuntarakenteisiin. Tekoälyn käyttöä sotilasteknologiassa pyritään rajaamaan. Tappamispäätöksiä itsenäisesti tekevät laitteet muuttavat sodan luonnetta ennakoimattomalla tavalla.

Puheentunnistus, puhesynteesi ja tulkkaus (2.01) ***

Teknologiakorin kohdealue: Ihmiset hoitavat valtaosan asioista keskenään puhumalla, jos ovat kasvokkain samassa tilassa. Koneita käytetään lomakkeiden, kytkinten tai muiden määrämuotoisten toimintatapojen avulla, koska yleensä sille ei ole vaihtoehtoa. Tämä johtuu yhtäältä tietokonesovellusten ja koneiden määrämuotoisesta ja yksinkertaisesta toiminnasta ja toisaalta ihmisen puheen monitulkintaisuudesta ja hahmotuksen vaikeudesta.

Tekoälyn kehitys on muuttaa sovelluksia yhä monimuotoisemmiksi. Samalla se helpottaa koneellista luonnollisen kielen tulkintaa sekä puhutussa että kirjoitetussa muodossa. Tekoälyn myötä ihmistenkin välinen kommunikointi on helpottuu, vaikka heillä ei olisi yhteistä kieltä, kun koneet oppivat hoitamaan tulkkauksen. Puhuvia tai puhetta ymmärtäviä koneita tarvitsevat myös mykät, kuurot ja sokeat, kukin ryhmä eri syistä.

Kehityksen yleiskuvaus: Microsoft on lisännyt simultaanitulkkauksen maksuttomaan videopuhelinsovellukseensa Skypeen. Tuetut kielet ovat kokeiluversiossa englanti, espanja, italia ja kiina. Kyse on oppivasta algoritmista, jonka laadun Microsoft uskoo parantuvan käytön myötä. Tekstipohjaiseen viestintään Microsoft tukee käännöstä 50 eri kielen välillä. Puheentunnistus- ja kielenkääntöominaisuuksia tarjoavat monet muutkin pilvipalveluissaan sekä älypuhelimissa.

Maksullisia puheentunnistusohjelmia on tarjolla runsaasti ja parhaiden tarkkuus ylittää 95%. Puheentunnistus ja kielenkääntäminen liittyvät läheisesti ihmisen merkitysten tunnistamiseen ja jäsentämiseen viitekehysten kautta. Puhesynteesissä on edetty ymmärrettävän puheen tuottamisesta siihen, että kyetään imitoimaan esimerkiksi puhujan omaa puhetapaa vieraalla kielellä tai valitun toisen ihmisen puhetapaa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimuksen ja kehityksen pääasiallinen motiivi on muuttunut kaupalliseksi. Kyky tarjota palveluita ja kanssakäymisen apuvälineitä mahdollisimman monilla kielillä on tärkeä globaaleille yrityksille. Monilla niistä on myös pääsy tekoälyn opettamiseen tarvittaviin laajoihin opetusaineistoihin ja oppimiselle välttämättömään palautteeseen. Akateeminen tutkimus on jäänyt selkeästi toissijaiseksi tällä alueella lukuunottamatta imitointia.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Vastaava kori oli 2.17 Puheentunnistus ja simultaanitulkkaus, johon on nyt lisätty puhesynteesi. Edellisen raportin julkaisuhetkellä oli demonstroitu englanninkielisen puheen simultaanitulkkaus kiinaksi. Nyt se ja monet muut kieliyhteydet ovat sekä vapaasti verkossa tarjolla että kaupallisina tuotteina saatavilla. Niin puheen tunnistus kuin kääntäminenkin ja synteesi ovat kaikki siirtyneet perinteisemmistä tekniikoista hermoverkkopohjaisiksi oppiviksi järjestelmiksi.

Useat valmistajat toimittavat tai lupaavat toimittaa korvakuulokkeita ja mikrofoneja, joiden avulla erikieliset ihmiset kuulevat toistensa puheen omalla kielellään. Viimeisimpänä markkinatulokkaana on Google 40 kielen tulkkauskapasiteetilla. Puhesynteesin alueella Lyrebird kykenee simultaanisti muuttamaan puheen halutun toisen ihmisen kuuloiseksi. Puhesynteesi on myös saatettu toimimaan suoraan aivojen ohjauksessa. Tutkimuspotilaana hoidettu ALS-potilas ohjaa puhesyntetisaattoria aivoimplantilla.

Kiinnostavia lähteitä:

Neuroverkot ja syväoppiminen (2.02) **

Teknologiakorin kohdealue: Tekoälystä tai keinoälystä on puhuttu hyvin pitkään. Tavoitteena on aina ollut saada kone tekemään ihmisen tavoin asioita, jotka aiemmilla ohjelmointitavoilla ovat olleet tavoittamattomissa. Monet noista koneelle ongelmallisista asioista ovat ihmiselle olleet luontaisia. Konenäkö ja hahmontunnistus, puhutun kielen ymmärtäminen, pelien pelaaminen ja parhaiden reittien tai suoritustapojen löytäminen sekä kyky keskustella ihmisen kanssa ovat esimerkkejä tyypillisistä haasteista.

Moniin ohjelmointitehtäviin on löytynyt algoritmisia ratkaisuja ja uusia ohjelmointitekniikoita, joiden jälkeen tekoälyn rajaa on aina siirretty etäämmälle aina ”todelliseen” ymmärtämiseen saakka, mitä se sitten tarkoittaakaan. Nykyinen kehityksen valtavirta ratkoo tekoälyn ongelmia hermoverkkoja simuloivan teknologian ja monikerroksisen syväoppimisen keinoin. Tavoitteena on se, että kone selviäisi yhä useammasta tehtävästä.

Kehityksen yleiskuvaus: Tekoälyn kehitys on vauhdittunut monien konenäön ongelmien ratkettua. Tekoälyn kehitys on osittain perustunut Suomessa kehitettyihin itseorganisoituviin karttoihin. Nykyään suositussa syväoppimisessa oppiminen ja käsitteenmuodostus tapahtuvat kerroksittain yksitasoisuuden sijaan. Koneäly oppii ensin alkeet ja kerroksittain niistä koostuvat kokonaisuudet ja relaatiot.

Toistaiseksi hermoverkkoja simuloidaan tavallisilla tietokoneilla ja grafiikkaprosessoreilla, mutta laitevalmistajat kehittävät algoritmien käyttämien tensoreiden laskentaan erityisprosessoreita ja myös prosessoreita, jotka toteuttavat hermoston kaltaisia rakenteita suoraan. Tätä laitekehitystä käsitellään tarkemmin toisaalla.

Tekoäly oppii melko vähistä havainnoista ja kokemuksista, mikäli sille on annettu reunaehdot ja käsitteellinen malli valmiiksi. Jos rakenne on opeteltava havainnoista, riippuu oppimisnopeus siitä, ovatko havainnot valmiiksi luokiteltuja. Monimutkaisissa tehtävissä on havaittu, että miljoonankaan havainnon jälkeen tekoäly ei ole täysin oppinut vaan sata miljoonaa lisähavaintoa parantaa tulosta. Toistaiseksi voidaan sanoa, että ihminen oppii huomattavasti tekoälyn tarvitsemaa harvemmista havainnoista, mutta tekoäly kykenee käsittelemään havaintoja nopeammin.

Keskeinen uusi metodi tekoälyn kehittämisessä on toinen tekoäly, joka generoi opetusaineistoa tai antaa palautetta. Tekoälyn oppiminen on nykyään hermoverkon koulimista, jossa positiivinen ja negatiivinen palaute ovat keskeisellä sijalla. Oppiminen tapahtuu nopeasti, mikäli tilanteiden ja palautteen laadukas tuottaminen voidaan automatisoida.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tekoälyn kehityksessä kaupalliset intressit ovat muuttuneet hallitseviksi. Akateeminen tutkimus on aktiivista, mutta läpimurtoja tekevät IBM:n, Googlen ja Microsoftin kaltaiset suuryritykset, joilla on tekoälyn opettamiseen tarvittavia massiivisia tietovarantoja käytettävissään tai kyky organisoida niiden joukkoistettu hankinta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Lähin kori edellisessä raportissa on 2.34 Itseorganisoituva data, joka sijoittui kolmanteen ryhmään. Tuolloin itseorganisoituvan tekoälyn onnistumiset olivat hyvin rajallisia ja soveltuivat verrattain erityisten ja yksiulotteisten kysymysten ratkomiseen. Tilanne on muuttunut nopeasti. Oppiva tekoäly on keskeisellä sijalla robottiliikenteessä, kielenkääntämisessä, konenäössä ja finanssisektorin monissa sovelluksissa. Tekoäly oppii pelejä pelaamalla itseään vastaan, ja oppii luomaan ihmisen näköisiä kuvia, kun toinen tekoäly kritisoi kuvien puutteita.

Tekoäly on oppinut pelaamaan sekä shakkia että Go-peliä mestareita paremmin pelaamalla itseään vastaan. Tekoäly on kyennyt ratkomaan matemaattisia ongelmia. Diagnostiikassa, autonajossa, kuvankäsittelyssä ja useissa muissa tehtävissä tekoäly on suoriutunut ammattilaisen tavoin. Kielenkääntökilpailussa tekoäly on saavuttanut ammattilaisten keskimääräisen tason. Lääketieteellisissä tehtävissä konenäkö tunnistaa tietyt anomaliat keskimääräistä ammattilaista paremmin. Nämä kaikki läpimurrot ovat tuoreita.

Kiinnostavia lähteitä:

Hahmontunnistusalustat ja muut AI-alustat (2.03) ***

Teknologiakorin kohdealue: Tekoälyn kehittäminen perinteiseen tietotekniseen ympäristöön on vaativa tehtävä. Tekoälyjärjestelmän vaatima ohjelmointiosaaminen, tekoälyn opettamiseen tarvittava runsas aineisto ja oppimiseen kuluva suuri laskentatateho nostavat kynnyksen korkealle.

Hyödyllisiä sovelluksia tavoiteltaessa on käytännöllistä valita tekoälyn kehitykseen erityisesti tarkoitettuja laitteita ja valmiita sovellusympäristöjä. Näihin viitataan tässä kohdassa alustoina. Kyse on hermoverkkolaskentaan erityisen hyvin soveltuvista prosessoreista, kokonaisista konesalipalveluista, valmiista tekoälyn kehitysohjelmistoista tai pilvipalveluista ja jopa alimpien kerrosten tai mallien osalta valmiiksi opetetuista järjestelmistä. Näiden alustojen tarkoitus on nopeuttaa uusien tekoälysovellusten kehittämistä ja helpottaa niiden käyttöä.

Kehityksen yleiskuvaus: Tekoälyä varten optimoituja prosessoreita ovat kehittäneet mm. NVidia, IBM, Google ja HP. Prosessorikehitystä käsitellään toisessa teknologiakorissa, mutta tässäkin on olennaista havaita sekä kehitysympäristöjen että käyttöympäristöjen olevan ainakin osittain prosessorisidonnaisia.

Useita tekoälyn kehitysympäristöjä on saatavilla avoimena lähdekoodina. Laajempia järjestelmiä tarjoavat mm. IBM, Google, Microsoft ja Amazon. Alustoissa voi olla valmiina luonnollisen ja puhutun kielen tulkinta ja perustasolla opetettu konenäkö, joka tunnistaa tavallisimpia asioita kuvista.

Alustoja tarjotaan tavallisimmin pilvipalveluna, josta maksetaan käytön mukaan. Merkittävät toimijat kehittävät jatkuvasti uusia geneerisiä kykyjä ja sovelluksia omiin alustoihinsa. Näitä voidaan tarjota mainosrahoitteisesti kuluttajien käyttöön, osana laitekauppaa, osana alustan toiminnallisuutta tai osana yrityksille kehitettyjä asiantuntijajärjestelmiä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Alustakehityksen rahoitusmotiivi on selkeän kaupallinen. Akateemisen tutkimuksen osuus on vähentynyt, mutta edelleen merkityksellinen monilla sovellusalueilla. Joukkoistuksella on suuri vaikutus opetusaineiston ja palautteen keräämisessä. Startup-rahoituksen turvin on mahdollista kilpailla alustamarkkinoilla ainakin kapeissa segmenteissä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisessä raportissa vastaava kori oli 2.30 Hahmontunnistus ja hahmojen hakupalvelut ja se nousi toiseksi tärkeimpään ryhmään. Uudet taskukamerat tunnistivat tuolloin hymyilevät kasvot, kuva-arkistot tunnistivat tutut ihmiset ja poliisin kamera tunnisti rekisterilaatat. Selkeiksi tekoälyn kehitysalustoiksi ei mikään vielä ollut noussut eikä syväoppimisesta vielä laajasti puhuttu.

Syväoppimisen ympäristöjä on nyt tullut markkinoille runsaasti sekä ohjelmistotuotteina että pilvipalveluina. Kehitys on edennyt yhä avoimempaan suuntaan erityisesti Microsoftin, IBM:n, Googlen ja Amazonin sekä NVidian ymmärrettyä, miten olennaista on saada kuluttajat tai suuret organisaatiot heidän alustojensa käyttäjiksi, jotta tekoälyt oppisivat mahdollisimman paljon.

Tekoälykilpailu on ymmärretty alustakilpailuksi samalla tavalla kuin tietoliikennekäytännöt tai käyttöjärjestelmät ovat keskenään kilpailleet. Niissä vallitsee kasvavan rajahyödyn laki, eli käyttäjämäärän kasvu lisää arvoa. Tämän vuoksi alustoja kehitetään ja tarjotaan nyt käyttäjille matalan kynnyksen kautta. Tekoälyohjelmistoja on tuotteistettujen ja palveluna tarjottavien alustojen lisäksi saatavilla myös avoimen koodin lisensseillä.

Kiinnostavia lähteitä:

Kasvojen ja emootioiden tunnistus sekä projisointi (2.04) ***

Teknologiakorin kohdealue: Ihminen tunnistaa toisen ihmisen luonnollisimmin kasvoista. Kasvot ja niiden ilmeet ovat ihmisille niin tärkeät, että niiden analysointiin on kehittynyt aivoissa oma alueensa. Kasvot ja ilmeet paljastavat huomattavan paljon ihmisen luonteesta ja mielialasta sekä kiinnostuksen kohteista ja me olemme ilmeistä hyvin kiinnostuneita.

Tekoälyn tunnistaessa kasvot ja eleet voi kone esimerkiksi valvoa käyttöoikeuksia ja reagoida kuhunkin ihmiseen ja tämän mielialaan sopivalla tavalla. Kasvojen ja ilmeiden projisointi koneellisesti kuuluu myös tähän koriin. Kasvojen näkeminen auttaa viestinnän merkitysten ymmärtämistä.

Koriin kuuluu myös kasvojen tunnistaminen ihmisen perimästä, joka helpottaa esimerkiksi rikostutkintaa tilanteissa, joissa rikospaikalta löytyy DNA-näytteitä, jotka eivät vastaa tunnettuja näytteitä.

Kehityksen yleiskuvaus: Koneellista kasvojen tunnistusta on kehitetty moniin eri tarkoituksiin tuttavallisista leikkikaluista ja digikuvien automaattisesta lajittelusta rikollisten tunnistamiseen. Eleiden ja ilmeiden tunnistuksen avulla kone voi oppia ihmisen reaktioista ja esimerkiksi muuttaa toimintatapaansa. Kun kasvojen ja ilmeiden dynamiikka ymmärretään, kyetään halutun kaltaisia kasvoja animoimaan esimerkiksi elokuvateollisuuden ja peliteollisuuden tarpeisiin sekä tietokoneen ja ihmisen väliseen luonnolliseen keskusteluun.

Ihmisen kasvoista kyetään yhä paremmin tunnistamaan tämän emootiot. Emootioiden ja kasvojen luonteenpiirteiden erottamisen avulla on mm. demonstroitu Georg W. Bushin puhe ilmeineen useiden eri julkisuuden henkilöiden kasvoilla animoituna. Tulevaisuudessa tämä merkitsee vaikkapa sitä, että elokuvan roolihenkilöiksi voi valita omat tuttunsa tai kenen tahansa julkisuuden henkilön, kuten nyt jo voi joissakin peleissä tehdä.

Kasvokuvan tuottaminen DNA-näytteen avulla on jo tasolla, josta on rikostutkinnassa merkittävää hyötyä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitys etenee nopeimmin osana yleistä tekoälykehitystä. Akateemisen tutkimuksen merkitys on suuri kasvojen ja emootioiden synteettisen tuottamisen alueella. Kasvojen tunnistaminen perimästä on ainoa korin aihealue, johon ei vielä liity merkittävää elektroniikka- ja viihdeteollisuuden tai palvelualan asiakastarpeeseen liittyvää yritysten tuotekehityskilpailua.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Ihmisen tunnistus on kehittynyt nopeasti. Edulliset DNA-lukijat ovat kaupallistumassa. Craig Venter on demonstroinut sovelluksen, joka tuottaa ihmisen DNA-sekvenssin perusteella tunnistettavan kasvokuvan. Facebook ja monet muut sovellukset tunnistavat kasvokuvasta ihmisen vaikka vertailukuva olisi eri kulmasta otettu.

Lämpökamerakuvasta voidaan päätellä, onko ihminen rakastunut ja koneellisesti kyetään tunnistamaan tärkeimmät emootiot. Obaman kasvot on animoitu huulisynkroniin ja ääninauhalta kuullun puheen sävyjen mukaisiin muihin ilmeisiin. Lukuisten muiden tunnettujen ihmisten kasvoja on animoitu reaaliajassa videolla näkyvän toisen ihmisen ilmeiden mukaan.

Kasvokuvan tuottamisen nykytilaa kuvaa ohjelmisto, joka tekee luonnollisen näköisen kasvokuvan viivapiirrroksen perusteella.

Kiinnostavia lähteitä:

Verbot/Chatbot – keskustelevat ja kirjalliset robotit (2.05)

Teknologiakorin kohdealue: Luonnollinen kieli on ihmisille tavallisin ja luonnollisin viestinnän tapa. Lomakkeiden ja valikoiden avulla voimme kyllä toimia tehokkaasti sellaisten koneiden kanssa, joiden tehtävät ovat rajallisia ja määrämuotoisia. Koneille helpot käyttöliittymät muuttuvat ihmisille sitä vaikeammiksi, mitä monipuolisemmiksi ja joustavammiksi koneet muuttuvat.

Tietokoneisiin ja robotteihin on vuoksi kehitetty kyky keskustella ihmisten kanssa luonnollisella kielellä. Tähän koriin kuuluu yleinen keskustelukyky sekä puhutulla että kirjoitetulla kielellä, mutta ei puheen tunnistus tai synteesi, joka käsitellään toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Koneellista luonnollisen kielen ymmärrystä ja keskustelukykyä on tavoiteltu siitä alkaen, kun Alan Turing määritteli Turingin testiksi sittemmin nimetyn kokeen. Siinä onnistuminen edellytti sellaista koneen ja ihmisen välistä keskustelua, jossa ihminen ei tunnistaisi toisen osapuolen olevan kone. Tavoitteeseen on pyritty monin tavoin ohjelmoimalla kielioppi ja käsiterakenteet tietokoneeseen. Ongelmaksi on muodostunut se, että sanojen merkitys riippuu asiayhteydestä ja jopa puhujan tunteista.

Keskustelevien tietojärjestelmien kehitys on nopeutunut merkittävästi, kun lähestymistapa muuttui sääntöpohjaisesta oppivaksi ja hermoverkkoihin pohjautuvaksi. Kielen mallintamisen sijaan koneelle esitetään massiivinen

määrä keskusteluja oppimateriaaliksi. Keskustelevien koneiden kehitystyö on monelta osin yhteistä kielenkääntämisen kanssa. Keskustelija voi kuitenkin aina kysyä lisäselitystä, jos ei jotakin asiaa ymmärrä tai jopa vaihtaa aihetta ihmisten tapaan. Kummassakin tilanteessa kone voi pyytää ihmisen apuun, jos jokin haaste on ylivoimainen.

Suuret palveluyritykset ovat ryhtyneet käyttämään tekstimuodossa keskustelevia chatbotteja verkkosivustojensa asiakaspalvelijoina ja luonnollista puhetta käyttäviä verbotteja kokeillaan puhelinpalveluissa. Chatbot voi esittää kysymyksiä asiakastyytyväisyydestä tai siitä, mitä asiakas etsii. Tekoälyn opettaminen hyväksi asiakaspalvelijaksi, vaikka se jo kykenisi keskustelemaan säätilasta sujuvasti, edellyttää hyvin laajan aineiston ihmisten käymiä keskusteluita samoista aiheista vastaavankaltaisessa tilanteessa.

Tietokoneyhtiöt ovat tuoneet markkinoille yleiskäyttöisiä keskustelevia laitteita ja ohjelmistoja kotitalouksien tarpeisiin. Näistä puhutaan tavallisesti älykkäinä agentteina. Niiden kanssa voi keskustella arjen asioista tai etsiä tietoja ja viihdettä. Agenttien avulla voidaan myös esimerkiksi suorittaa ostoksia verkkokaupasta ja varata lippuja tai huolehtia kodin IoT-laitteista. Puhekäyttöliittymän etuna on mm. käsien vapautuminen muihin tehtäviin.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Verbot- ja chatbot -kehitystä edistää yleinen tekoälykehitys ja voimakas suurten tietotekniikkayhtiöiden keskinäinen kilpailu. Kysyntää syntyy kohtuullisesti palveluyritysten pyrkiessä kustannustehokkuuteen ja nopeampaan palveluun, mutta myös kotitalouksien ottaessa teknologiaa käyttöön arjen helpottamiseksi ja viihdekäyttöön.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kategoria on uusi ja konkretisoitunut toimiviksi ratkaisuiksi ja nopeaksi kasvuksi edellisen raportin julkaisun jälkeen. Microsoft, Google, Amazon ja Apple ovat kukin julkaisseet älykkäät agenttinsa, jotka toimivat joko käyttäjän tietokoneessa, kännykässä tai pöydällä pidettävän kaiuttimen näköisen laitteen avulla.

Verbottien ja chatbottien käyttö palveluissa on laajentunut nopeasti. Esimerkiksi pankit Ruotsissa käyttävät chatbotteja ja Conversican verbottia käyttää puhelinpalveluissaan jo tuhat eri yritystä. Verbot-ominaisuuksia on lisätty myös robotteihin, jotka saattavat puheen lisäksi tunnistaa myös ihmisen emootioita ja reagoida puheen sijaan tunteisiin. Uutisten ja muiden lyhyiden artikkelien tuottajina tietokoneet ovat jo yleisiä.

Kiinnostavia lähteitä:

Ympäristön reaaliaikainen 3D-mallinnus ja 360-kuvaus (2.06) *

Teknologiakorin kohdealue: Terve ihminen tajuaa ympäristö aisteillaan ja luo siitä automaattisesti mentaalimallin. Tutuissa tiloissa ihminen kykenee kulkemaan muistinvaraisesti pimeässäkin. Koneen on luotava vastaava malli ympäristöstä voidakseen liikkua vapaasti. Kauko-ohjaus vaatii myös näkymän kohdeympäristöstä. Malleja voidaan tuottaa tallenteiksi karttojen tavoin, mutta ympäristössä on paljon tilapäisiä ja liikkuvia elementtejä, jonka vuoksi tallenne yksinään on riittämätön ratkaisu ja ainakin aiotun kulkureitin tilanne on hahmotettava reaaliaikaisesti.

Reaaliaikaisen mallinnuksen tarve on kasvanut nopeasti robottiliikenteen ja muiden ympäristössä liikkuvien koneiden vuoksi. Myös VR- ja AR-teknologiat ja robottien etäohjaus synnyttävät uusia tarpeita. Tähän koriin kuuluu varsinainen 3D-mallin luonti havaintoaineistosta, mutta havaintoaineistoa sijainnista, suunnasta ja pintamuodoista keräävät laitteet on käsitelty toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Suurin haaste ympäristön 3D-mallintamisessa liittyy mitta-aineiston pistemäisyyteen. Kun ympäristöä esimerkiksi mitataan laserin avulla tai eri suunnista otettujen kamerakuvien avulla, koostuu kuva aina yksittäisistä pisteistä. Sateen tai pölyn vuoksi kuvan monet pisteet saattavat olla hyvinkin hajanaisilla etäisyyksillä, vaikka laitteet itsessään olisivat täydellisen tarkkoja ja virheettömiä.

Mikäli mittaus tehdään harvalla resoluutiolla, voi olennaisia asioita jäädä huomiotta ja, jos se tehdään harvoin, saattaa osa liikkuvista objekteista jääädä huomiotta. Kun mittaus tehdään liikkuvasta ajoneuvosta, kasvaa haaste pintojen kolmiulotteisuuden vuoksi.

Reaaliaikaisen 3D-mallin tekemiseen ei liity teoreettisia ongelmia. Kyse on vain riittävän tarkan mittauksen ja laskennan nopeudesta. Teknologia on kehittynyt robottiliikenteen turvallisuusnäkökohtien vuoksi siten, että reaaliaikainen 3D-malli synnytetään useisiin eri tyyppisiin sensoritietoihin perustuen ja näiden on oltava keskenään riittävän ristiriidattomia.

Malleista pyritään tunnistamaan erilaiset objektit, kuten ihmiset, eläimet ja ajoneuvot sekä ajorata. Mallinnusta vaikeuttaa se, jos ympäristö on erityisen monimutkainen. Tällainen on esimerkiksi luonnonmetsä ja edellä mainitut näkyvyyteen vaikuttavat keliolosuhteet. Sisätilojen mallintaminen on huomattavan yksinkertaista ulkotiloihin verrattuna.

Useat AR-lasit luovat reaaliaikaisesti mallin tilasta, jossa lasien käyttäjä liikkuu, jotta virtuaaliset objektit saadaan sijoitetuksi tilaan luonnollisella tavalla. Kauko-ohjauksessa malli ei ole välttämätön. Ohjattava laite saattaa

tuottaa valmiin näkymän 360 asteen kuvana ohjaajan VR-laseihin. Ohjaaja tunnistaa objektit kuvasta ja kuvakulma liikkuu ohjattavan laitteen mukana.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Selkeästi tärkein motiivi ympäristön reaaliaikaiselle 3D -mallinnukselle liittyy robottiliikenteeseen. Lukuisat tietotekniikkayritykset kilpailevat autoteollisuuden suosiosta ja robottiliikenteen odotetuista suurista liikevaihdoista. Akateemisen tutkimuksen osuus on edelleen olennainen joidenkin yksityiskohtien ja uusien teknologioiden kokeilijana, mutta autoteollisuuden motiivi rahoittaa kehitystä on erittäin suuri ja kilpailutilanne ilmeinen.

Laajennettu todellisuus ja sisätilamallinnus etenevät elektroniikkateollisuuden ehdoilla. 3D-mallien kehitystä rahoittaa myös viihdeteollisuus, mutta vain harvoissa tapauksissa on taerpeen, että ne mallit syntyisivät reaaliajassa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisessä raportissa vastaava kori oli 2.32 Ympäristön reaaliaikainen 3D-mallinnus ja se sijoittui neljänteen ryhmään. Sen kirjoitushetkellä Googlen auto jo tuotti reaaliaikaista kuvaa ympäristöstään. Microsoftin Kinect -pelilaajennus tuotti reaaliajassa mallin sisätiloissa Fusion-kokeiluhankkeessa. Mallinnuksen laatu on edellisen raportin jälkeen parantunut olennaisesti. Toimintaa sadeolosuhteissa ja muissa ongelmatilanteissa on kehitetty.

NVidia on tuonut markkinoille prosessorin, joka kykenee tuottamaan mallin ja tunnistamaan siinä olevat objektit täysin autonomisen ajon vaatimalla tarkkuudella. 360 asteen kuvaa kyetään tuottamaan reaaliajassa, ääniympäristöstä kyetään tuottamaan 3D-malli ja älypuhelimiin sekä laajennetun todellisuuden laseihin on lisätty ominaisuuksia ympäristön reaaliaikaisen 3D-mallinnuksen tarpeisiin. Robotti-imureihin ja nelikoptereihin on lisätty ominaisuuksia ympäristön mallintamiseksi.

Kiinnostavia lähteitä:

Kappaleiden helppo 3D-kuvantaminen (2.07) ***

Teknologiakorin kohdealue: Meidän maailmamme on kolmiulotteinen, mutta perinteisesti kaikki kuvat ovat olleet kaksiulotteisia. Näkökulma, josta asioita kuvissa katsotaan, on kuvaajan valitsema eikä katsoja voi siihen vaikuttaa. Jotta kone kykenisi tunnistamaan kappaleen kuvakulmasta riippumatta, tulisi sillä olla käytössään kappaleen 3D-malli. 3D-mallit auttavat

myös ihmisiä hahmottamaan itselleen vieraita ja käsien ulottumattomissa olevia esineitä. Välttämättömiä 3D-mallit ovat, kun tavaroista halutaan tuottaa kopioita esimerkiksi 3D-tulostimilla tai käyttää niitä virtuaalitodellisuuden rakenneosina.

Kehityksen yleiskuvaus: Kappaleiden ja tilojen 3D-kuvantaminen on kehittynyt nopeasti. Useilla kuluttajatason laitteilla saa tehtyä tunnistettavan 3D-mallin. Laitteistojen keventyminen ja nelikoptereiden ja muiden autonomisesti liikkuvien laitteiden yleistyminen on helpottanut laajojen tilojen mallinnusta.

Tarkkojen 3D-skannereiden hinta on laskenut nopeasti. Laserkeilauksen ohella muutkin menetelmät ovat kehittyneet. ToF-3D-kuvaus perustuu lasermittauksen tavoin heijastuksen aikaviiveeseen ja sitä käytetään mallinnuksessa. DIAL-lasereiden avulla tieto ympäristön pintamateriaaleista voidaan myös lisätä malliin.

Digitaalipeilit yleistyvät kauppaliikkeissä hitaasti ja niiden ominaisuudet ovat toistaiseksi rajalliset. Peilistä voi esimerkiksi katsoa viivästettyä kuvaa, jolloin näkee itsensä selkäpuolelta. Peilikuvaan voi lisätä asusteita, kuten laukkuja, joita kauppaliikkeessä fyysisesti ei ole. Joissakin peileissä asusteiden värejä on mahdollista vaihtaa. Tavoitteena on digitaalipeili, joka mallintaa edessän seisovan ihmisen ja näyttää hänet kulloinkin valituissa uusissa vaatteissa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Alue vaikuttaa kehittyvän markkinavetoisesti. Kasvuodotukset ovat kohtuulliset ja perusteknologioiden kehitys avaa koko ajan mahdollisuuksia tämän korin sovellusten kehittämiseen. Myös tarve lisääntyy jatkuvasti. Akateeminen tutkimus on vähäistä ja joukkoistuksella ei ole olennaista merkitystä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta oli 2.31 Kappaleiden helppo 3D-kuvantaminen. Monet edulliset laitteet 3D-kuvantamiseen olivat kehitteillä tai prototyyppeinä.

HP:n Sprout on tuore esimerkki työasematietokoneesta, jossa 3D-skanneri on vakio-osana. Myös Sonyn uudessa XPeria -älypuhelimessa on 3D-skanneri, kuten Google Tango-puhelimissakin. Muidenkin puhelinten videokuvan avulla voi tuottaa 3D-malleja erillisten sovellusten avulla.

Ammattitasolla Laser-keilainten hinta on laskenut olennaisesti. Edullisten erillisten 3D-skannereiden tarjonta on laajentunut ja laatu parantunut. Markkinaennusteiden mukaan 3D-skannereiden markkina kasvaa seuraavien

vuosien aikana noin 6% vuosivauhdilla 5 miljardiin dollariin vuonna 2022. Skannereiden kappalemääräinen kasvu on huomattavasti nopeampaa.

Kiinnostavia lähteitä:

.

Tekoälyn asiantuntijasovellukset ja niiden opetusaineistot (2.08)

Teknologiakorin kohdealue: Ihmisen osaaminen on työläästi hankittavissa. Erikoistuminen on sekin ongelmallista, koska osaaminen hajautuu. Tekoäly tarjoaa mahdollisuuden ihmisen vaikeasti hankittavan osaamisen monistamiseen. Asiantuntijaosaaminen voi olla laaja-alaista tai kapea-alaista, mutta se vaatii laajaa tietoa tai kokemuspohjaa. Tarvittavan aineiston saaminen tekoälyn opetukseen ja merkittävien osaamisalueiden tunnistus tekoälyn asiantuntijasovelluksille on tämän korin keskeinen sisältö.

Kehityksen yleiskuvaus: Tekoälyä otetaan nyt käyttöön monella eri asiantuntemusalueella. Tutkijat löytävät jatkuvasti uusia oppivan ja epävarmoissa tilanteissa selviävän tekoälyn esimerkkejä. Tietokone kykenee pelaamaan pokeria ammattilaisten tasolla, ratkomaan tieteellisiä aiemmin ratkaisemattomia tehtäviä ja tunnistamaan valokuvista, mitä niissä tapahtuu.

Hahmontunnistus sekä algoritmeina että oppivina AI-järjestelminä on yleistynyt nopeasti. Tutkimuksissa psykoosi on kyetty tunnistamaan puheesta, syöpä on tunnistettu tietokoneen toimesta optisesti ja aivohalvaus on ennakoitu kehosta mitatuista signaaleista. Älypuhelin tunnistaa Parkinsonin ensioireet, sanoja kyetään lukemaan ajatuksista ja robottikokki matkii videolla näkemiään kokkausohjelmia. Sovelluskehitys on nyt hyvin nopeassa vaiheessa verrattain tuoreiden läpimurtojen vauhdittamana.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Akateeminen tutkimus on tärkeässä roolissa uusilla sovellusalueilla. Kehitys on kuitenkin edennyt niin pitkälle, että yritysten lyhyen tähtäimen motiivit riittävät tekoälyn kehittämiseen monenlaisiin asiantuntijatehtäviin ja niiden kokeiluihin. Asiantuntija-aineistoja löytyy tekoälyn opettamiseen normaalisti vain suurilta organisaatioilta, jotka eivät tavallisesti niitä muiden käyttöön luovuta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähin vastaava kohta on 2.19 Avoin data ja Big data, joka nousi korkeimpaan ryhmään. Raportin kirjoitusvaiheessa konenäön sovellukset ovat olleet kehittymättömiä, tekoälyn itseoppivuus ei ole ollut käsitteeellisesti monitasoista ja sovellukset

ovat olleet luonteeltaan asiantuntijoiden luomien mallien optimointiin perustuvia tai laajasta havaintoaineistosta poikkevia toimintatapoja tai korrelaatioita havaitsevia.

Syväoppimisen tekniikka, tekoälyjen mahdollisuus opettaa toisiaan ja konenäön läpimurrot ovat avanneet tietä monille eri asiantuntija-aloille. Tekoäly voittaa ihmisen hyvin peleissä. Suurin osa pörssisijoituksista on nyt tekoälyn tekemiä. Lääketieteen diagnostiikassa tekoäly on useilla alueilla ihmistä parempi. Teollisuuden kunnossapidon diagnostiikassa ympäristöönsä perehtynyt tekoäly ennakoi huoltotarpeita ihmistä paremmin. Tekoäly myös päihittää taistelussa parhaat sotilaslentäjät. Edullisuutensa ja nopeutensa vuoksi tekoäly voi esimerkiksi luokitella kuvia aiheiden mukaan, hoitaa yksinkertaisia asianajotehtäviä ja ajaa autoa.

Kiinnostavia lähteitä:

1.2. Informaation varastoinnin ja käsittelyn digitalisaatio

Ympäristömme tapahtumia digitalisoidaan yhä laajemmin ja tarkemmin välinein. Tallennetun informaation määrä kaksinkertaistuu kahden vuoden välein ja lähes satakertaistuu 2020-luvun loppuun mennessä. Tämän kehityksen mahdollistaa tietokoneiden muistivälineiden sekä prosessointitehon jatkuva kehitys.
Suurimpana vaikutuksena voidaan pitää tiedon saatavuuden parantumista. Kun kaikki saatavilla oleva tieto tallennetaan digitaaliseen muotoon, on se helposti jaettavissa. Prosessointitehon ja esitystekniikan kehittyessä nopeasti, digitaalinen tieto on lähitulevaisuudessa myös entistä helpommin löydettävissä ja havaittavissa.
Kehityksen seurauksena päätöksenteko on yhä harvemmin sidoksissa mihinkään erityiseen paikkaan. Verkkokauppa helpottuu, turismi voi muuttua virtuaaliseksi, oppiminen ja tutkiminen tapahtuvat yhä helpommin tietoverkkojen avulla fyysisestä paikasta riippumatta. Informaation kokoaminen ja yhdistely on yhä tavallisempi ansaintamalli ja siinä on voimakas suuruuden ekonomia. Voittaja saa helposti kansalaiset luovuttamaan omat tietonsa ja voi saavuttaa vahvan markkina-aseman niitä tietoja jakamalla.

Älylasit, AR-lasit ja laajennettu todellisuus (3.01) ****

Teknologiakorin kohdealue: Meidän aistimme, muistimme ja tietomme ovat rajallisia. Monet asiat ympäristöstä selviävät meille helposti vain mittalaitteiden avulla tai muiden laatimista tietolähteistä. Tietojen lisäksi saatamme haluta ympäristöömme virikkeitä.

Älylasien tai AR-lasien avulla näkökenttäämme voidaan keinotekoisesti lisätä elementtejä, jotka auttavat tai viihdyttävät meitä. Kyse voi olla esimerkiksi olla opasteista, jotka ohjaavat meidät haluttuun suuntaa tai virtuaalisesta lemmikistä. Älylaseista puhutaan, kun lisätyt asiat ovat kaksiulotteista

lisätietoa ja AR-laseista silloin, kun virtuaaliset objektit sulautuvat luonnolliselta vaikuttavaksi osaksi todellisuutta.

Lämpökamerakuva voidaan esimerkiksi näyttää meille värjäämällä meidän luonnollinen näkökenttämme lämpötilatietojen mukaan tai tähystysleikkausta suorittavalle kirurgille voidaan näyttää tietokonetomografikuva leikkauskohdasta ikään kuin kirurgilla olisi röntgenkatse. Laajennettu todellisuus sisältää myös muiden aistien luomat tuntemukset, mutta tuntoaisti on käsitelty haptisten ohjainten yhteydessä toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Yksinkertaisimmillaan laajennettu todellisuus ilmenee Sky Map -nimisessä sovelluksessa. Kun tähtitaivasta katsoo siten, että älypuhelin peittää osan näkökentästä, näkyy puhelimen näytöllä peittynyt osa taivaasta tähtineen ja tähtien vieressä niiden nimet. Pokemon on vastaava sovellus, joka on popularisoinut laajennetun todellisuuden ideaa.

Älypuhelimen läpi näkyvän laajennetun todellisuuden lisäksi markkinoilla on runsaasti älylaseja ja AR-laseja. Älylasit auttavat erityisesti silloin, kun käsiä tarvitaan muihin tehtäviin. Esimerkiksi varastosovelluksissa älylaseja käytetään. Googlen ja muiden valmistajien älylasit eivät kuitenkaan ole saavuttaneet laajempaa suosiota huolimatta moninaisista ominaisuuksistaan.

AR-lasit ovat olennaisesti älylaseja hienostuneempia. Jotta ne kykenevät sijoittamaan animoituja 3D-objekteja luonnollisella tavalla käyttäjänsä ympäristöön, niiden on ensin tuotettava ympäristöstä 3D-malli. Myyntiin tulleita AR-laseja ovat mm. Hololens, Meta2, ODG-R9 ja Daqri. Teknologia on toistaiseksi rajoittunutta sekä näkökentän että syväterävyyden osalta ja ympäristön mallinnus ei onnistu, mikäli ympäristö on liian monimutkainen. AR-lasien arvioidaan kehittyvän edelleen erittäin nopeasti ja markkinoiden uskotaan kasvavan älypuhelinmarkkinan kokoluokkaan muutamassa vuodessa.

Kolmiulotteisia hologrammeja on opittu tuottamaan ihmisen silmien havaittavaksi lasereiden avulla siten, ettei katsoja tarvitse mitään silmälaseja tai muita laitteita. Tämän teknologian sovellukset ovat osin päällekkäiset laajennetun todellisuuden lasien kanssa, mutta teknologia on vielä varhaisessa vaiheessa. Varhaisen vaiheen kokeiluihin kuuluvat myös piilolinssit, jotka lisäävät näkökenttään informaatiota tai muokkaavat sitä esimerkiksi kaukoputkimaisesti tai tarjoamalla pimeänäön.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitys on pääosin siirtynyt yritysvetoiseksi, mutta akateemisella tutkimuksella on edelleen selkeä vaikutuksensa erityisesti optiikkaan liittyvissä haasteissa. Esimerkkinä tuotekehityksen resurssoinnista kannattaa mainita alalla kehitystyötä tekevä Magic Leap, joka on saanut sijoittajilta lähes kehden miljardin dollarin rahoituksen tuotekehitykseen ja tuotantoon ilman, että ainoatakaan yrityksen tuotetta on vielä esitelty julkisuudessa. Laajennetun todellisuuden sovelluksia kehitetään erittäin monilla toimialoilla ja hyvin monien organisaatioiden toimesta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Vastaava kori edellisessä raportissa oli 2.22 Laajennetun todellisuuden välineet ja se sijoittui korkeimpaan ryhmään. Huippua tuolloin edusti Google Glass, josta ei tullut myyntimenestystä. Varsinaisia AR-laseja ei markkinoilla ollut.

Kehitys etenee nopeasti. AR-markkinan ennakoidaan kasvavan muutamassa vuodessa yli sataan miljardiin dollariin. Useita melko kehittyneitä AR-laseja on tullut markkinoille älylasien rinnalle ja sovelluskehitys on aktivoitunut. Monia älypuhelimia on kehitetty laajennetun todellisuuden sovelluksiin. Edullisimmat älypuhelimen kanssa toimivat AR-lasit saa sadalla dollarilla.

Hologrammeja on onnistuttu projisoimaan ilmaan, ja niistä on saatu kosketettavia. Projektoreiden avulla huonetilan pintoihin on saatu laajennetun todellisuuden vaikutelma. Digitaalipeileihin on saatu laajennetun todellisuuden elementtejä. Peili esimerkiksi näyttää sisäelimet tai ihmisen toisissa vaatteissa. Laajennettu todellisuus visualisoi ympäristön ääniaaltoja. Pallopelejä voi pelata ilman todellista palloa ja värisokeutta on onnistuttu korjaamaan.

Kiinnostavia lähteitä:

VR-lasit ja lisätty todellisuus (3.02)

Teknologiakorin kohdealue: Televisio on hyvä esimerkki halustamme kokea sellaisia ympäristöjä ja olosuhteita, joissa itse emme ole. Televisio tai elokuva ei kuitenkaan synnytä syvällistä läsnäolon tuntua. VR-lasit tarjoavat erehdyttävämmän vaikutelman toisessa paikassa olemisesta. Lasit peittävät koko näkökentän, emmekä näe omaa luonnollista ympäristöämme. Kun käännämme päätä, meidän virtuaalinen ympäristömme näkyy, kuten olisimme kääntäneet päätä luonnollisessa ympäristössä. Elämyksellisten kokemusten lisäksi VR-lasit sopivat erittäin hyvin kauko-ohjaukseen. Käyttäjä näkee saman, minkä näkisi, jos olisi ohjattavan laitteen kyydissä.

VR-lasien avulla voidaan virtuaalimalleissa liikkua todellisuuden tavoin. Mikäli ihminen samanaikaisesti oikeasti fyysisesti liikkuu omassa ympäristössään nähden vain virtuaalimaailman, on hyödyllistä, että lasit voivat integroida fyysisen ympäristön esteitä virtuaalimaailmaan. Tämän avulla käyttäjää autetaan välttämään törmäykset fyysisen ympäristönsä kanssa, vaikka virtuaalimaailman luonnee säilytettäisiiinkin.

MR-lasit eli lisätyn todellisuuden lasit sisältävät kameran tai useita kameroita ja voivat yhdistää fyysisen todellisuuden elementtejä katsojan näkemään virtuaalimaailmaan. Näiden avulla voidaan myös tuottaa AR-lasien kaltainen kokemus toki huomioiden, ettei kamerakuva tekniseltä laadultaan vastaa luonnollista ympäristöä.

Kehityksen yleiskuvaus: VR-laseja on ollut prototyyppeinä ja tutkimuslaitteina jo pitkään. Niiden ongelmana on ollut heikko resoluutio sekä latenssi eli viive pään asennon ja kuvakulman muutoksen välillä. Nämä ovat aiheuttaneet epämiellyttävän tunteen ja pahoinvointia käyttäjille. Virtuaalitodellisuuden tuottaminen on myös vaatinut tehokkaan tietokoneen. Kuluttajatuotteina VR-lasit ovat hyvin uusi ilmiö.

Näyttölaitteiden kehitys sekä prosessoritehon kasvu mobiililaitteissa on mahdollistanut virtuaalilasit, jotka käytännössä ovat päähän asetettava ja linsseillä varustettu kännykkäteline. Kännykkä tuottaa kuvan kummallekin silmälle erikseen ja kännykkäsovellus tunnistaa kännykän asennosta ja liikkeestä pään asennon. Näin kuva kykenee seuraamaan pään liikkeitä.

Myös itsenäisiä VR-laseja sekä erilliseen tietokoneeseen kytkettyjä VR-laseja on markkinoilla. Laseihin on tarjolla runsaasti sovelluksia opetuksen, kauko-ohjauksen, pelien, matkailun ja muiden 3D-elämysten kokemiseen. Esimerkiksi New York Times on vuonna 2015 jakanut asiakkailleen miljoona VR-lasia, jotta asiakkaat voisivat kokea lehden heille toimittamia matkakertomuksia 3D-elämyksinä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: VR-lasien kehitys on lähes kokonaan markkinaehtoista ja perustuu koettuun asiakastarpeeseen sekä uskottuun nopeaan markkinakasvuun. Markkina on selkeästi kilpailtu. Sovellusmarkkina kehittyy nopeasti ja kauko-ohjaus etenee robotiikan kehittyessä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kategoria on uusi ja lisätty edellisen raportin jälkeisen nopean kehityksen sekä robotisaation avaaman kauko-ohjaustarpeen vuoksi.

Kuluttajakäyttöön soveltuvien VR-lasien kehityksen voidaan laskea käynnistyneen 2012, kun Oculus haki Kickstarter-rahoitusta VR-laseille. Hanke sai yli 2 miljoonaa dollaria rahoitusta ja varsinainen kuluttajatuote julkaistiin 2016 Facebookin ostettua Oculuksen. Google julkaisi pahvista taiteltavat Cardboard-lasit älypuhelimen yhteydessä käytettäväksi ja niitä on toimitettu yli 10 miljoonaa kappaletta.

Googlen uusi VR-alusta Android-puhelimille on DayDream. Microsoft on yhdessä Intelin kanssa julkaissut oman Windows 10 -pohjaisen VR-kehitysalustansa Mixed Reality -nimellä ja sen mukaisia tuotteita ovat julkaisseet jo mm. HP, Acer, Asus, Lenovo, Dell ja Samsung. VR-lasien avulla kauko-ohjattaville nelikoptereille järjestetään kilpailuja, VR-lasien käyttöä kuntoutuksessa, terapiassa ja koulutuksessa kehitetään.

Pelinkkehittäjät suuntaavat tuotteitaan VR-lasien käyttäjille ja asuntoesittelyitä, matkaesittelyitä ja elokuvakokemuksia tuotetaan jo VR-lasien käyttäjille. Esimerkiksi tuoreesta Tuntematon sotilas -elokuvasta on juoksuhautakohtaus, joka on koettavissa 3D-lasien avulla. 360 asteen videoita voidaan jo välittää esimerkiksi Facebookissa. Latenssia parannetaan ja näkökenttää laajennetaan sekä resoluutiota kehitetään näkökentän fokusalueella.

Kiinnostavia lähteitä:

Liikkeisiin perustuvat ja haptiset ohjaimet (3.03) ****

Teknologiakorin kohdealue: Tietotekniikan ja tietoliikenteen kehittymisen myötä me toimimme yhä abstraktimmassa ympäristössä. Me voimme ohjata sekä lähellä että etäällä olevia asioita tietoliikenneteitse. Komentojen tai vipujen avulla ohjaus ei kuitenkaan ole luonnollista tai helppoa. Kädet ovat meille luonnollisin tapa muovata ja siirtää asioita ja säätää tai ohjata laitteita, mutta erityisen tärkeitä kädet ovat siksi, koska me tunnistamme asioita käsiemme avulla ja voimme suorittaa monia tehtäviä näkemättä, mitä teemme, kunhan sormemme auttavat meitä hahmottamaan käsiteltävät kohteet.

Erillisten ohjainten tai komentojen näppäilyn sijaan voidaan käyttäjän käsien liikkeet tunnistaa ja suorittaa tietoliikenneteitse ohjauskomennot niitä vastaten. Luonnolliseen vuorovaikutukseen kuuluu se, että ihminen tuntee, mihin koskee. Virtuaalisen kosketuksen tunne on synnytettävä keinotekoisesti.

Kehityksen yleiskuvaus: Monet yritykset ovat kehittäneet datahanskoja. Näiden tarkoituksena on tunnistaa käden ja sormien asento ja mahdollisesti myös käden sijainti. Tämä voidaan tehdä mekaanisesti tai sähköisesti. On myös mahdollista tunnistaa käsien sijainto optisesti heijastuksista 3D-kamerakuvat, tutkan, kaikuluotaimen tai lidarin avulla.

Ihmisen käsitellessä fyysistä objektia, se tuntuu käsissä. Datahanskat voivat tuottaa tuntemuksen mekaanisesti tai sähköisesti. Tuntemus voidaan myös saada aikaan ilmavirran avulla tai laserpulsseina. Näitä kaikkia menetelmiä on kokeiltu. Haptiset teknologiat ovat kehittyneet hitaasti eikä markkinaläpimurto ole vielä näköpiirissä. Kehitys ei kuitenkaan ole pysähtynyt. Pelikehityksessä on kokeiltu datahanskojen lisäksi jopa kokonaisia pukuja, jotka antavat kehollisen vasteen virtuaalimaailman kokemuksista.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Liikkeisiin ja eleisiin sekä tuntemuksiin perustuvia käyttöliittymiä kehitetään sekä tietotekniikkayritysten että akateemisten tutkijoiden toimesta. Tutkimusalue ei ole erityisen runsaasti rahoitettua eikä markkinakysyntä ainakaan toistaiseksi ole laajaa, mutta kehitys vaikuttaa joka tapauksessa jatkuvalta ja motivoidulta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaava kori on 2.23 Haptiset käyttöliittymät, joka sijoittui korkeimpaan ryhmään. Siinä vaiheessa puhuttiin peliohjainten tärinästä, näkövammaisten pistekirjoituksen generoinnista ja tuntemusten luomisesta sormenpäihin. Useita tuntemuksia välittäviä datahanskoja on tullut markkinoille sen jälkeen, mutta ne ovat edelleen melko kypsymättömiä.

Monet liikkeisiin perustuvat käyttöliittymät ovat vasta tulossa markkinoille. Piiritasolle on integroitu eleitä tunnistava ”mikrotutka”, joka demonstraatioissa vaikuttaa nopealta ja tarkalta. Silmän liikkeitä on myös tunnistettu aiempaa paremmin. Oculus on julkistanut virtuaalilaseihinsa liittyvät kahvat ja Myo liikeohjausta ja käden eleitä monipuolisesti tunnistavan rannekkeen. Myös Microsoftin ja Magic Leapin laajennetun todellisuuden laseihin kuuluu liikkeitä ja eleitä tunnistava ominaisuus.

Ilmaan lasereilla luotujen hologrammien kosketusta on kehitetty edelleen. Eleiden ja liikkeiden tunnistus ja haptinen palaute muuttuvat nykyistä tärkeämmäksi virtuaalilasien ja laajennetun todellisuuden lasien yleistyessä.

Kiinnostavia lähteitä:

Nopeat ja tiheät muistimateriaalit (3.04) **

Teknologiakorin kohdealue: Ihmiskunnan kulttuurinen kehitys on vauhdittunut kirjoitustaidon keksimisen jälkeen. Kyky tallentaa asioita muistivälineille ja jakaa niitä muiden käyttöön on kehittynyt useissa vaiheissa kalliomaalauksista internetin pilvipalveluihin edettäessä. Nykyään ihmisten välittömästi tallentamat ja monistamat tiedot muodostavat enää vähäisen osan kaikesta muistivälineiden tarpeesta.

Koneellisia havaintoja kerätään muistivälineille nopeasti kasvavia määriä, jotta koneet oppisivat niistä tiedoista ja erottaisivat tai koostaisivat niistä tiedoista jotakin muille koneille tai ihmiselle tarpeellista tietoa. Tietoja myös

varastoidaan yhä useammissa paikoissa, jotta ne olisivat tarpeen mukaan nopeammin ja varmemmin saatavilla.

Tietokoneet tarvitsevat monenlaisia muisteja. Prosessorien välittömässä läheisyydessä tarvitaan suurta nopeutta, arkistokäytössä suurta tiheyttä ja pysyvyyttä ja muistivälineitä on myös fyysisesti siirretty silloin, kun niiden hinta ja kapasiteetti on mahdollistanut tietoliikennekäyttöä tehokkaamman tai turvallisemman datan siirron. Tähän koriin kuuluvat osoitteelliset muistit. Assosiatiivinen, ihmisen hermostoa matkiva muisti kuuluu toiseeen koriin.

Kehityksen yleiskuvaus: Prosessorin välittämässä läheisyydessä olevaa muistia kutsutaan keskusmuistiksi. Mobiililaitteiden nopea lisääntyminen on johtanut sellaisen keskusmuistin tarpeeseen, joka säilyttää tilansa mahdollisimman vähäisellä virrankulutuksella ja on tästä huolimatta riittävän nopeaa.

Muistien tiheys ja nopeus ovat jatkuvasti kasvaneet. USB-muistit ja digitaalikameroiden käyttämät muistikortit ovat vakiintuneet muistin fyysiseksi siirtotavaksi koneiden välillä silloin, kun tietoliikennettä ei ole käytetty. Suurikapasiteettisissa massamuisteissa on pyritty mekaanisista ja kuluvista elementeistä eroon.

Muistimateriaalien tutkimuksessa on edetty tasolle, jossa tietoja voidaan varastoida molekyylitasolla ja jopa yksittäisen atomin tasolla. DNA on yksi materiaali, jonka lukemista ja kirjoittamista tutkitaan. Spintroniikka terkoittaa atomin osien kiertosuunnan manipulointia. Kiertosuunta voidaan lukea ja sen vaihto on nopea, vaatien hyvin vähän energiaa. Kolmiulotteisten kiderakenteiden latomisen ja muokkauksen avulla on myös havaittu saatavan tiheitä muistirakenteita. Spintroniikka mahdollistaa energiatehokkaan ja nopean lukemisen ja kirjoittamisen, kiderakenteiden ja DNA-muistin etuna on suuri pysyvyys yhdistettynä suureen tiheyteen.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Elektroniikkateollisuudella on erittäin suuri motiivi parantaa muistitekniikkaa jatkuvasti. Suurin panos kohdistuu aiempien teknologioiden inkrementaamiseeen kehitykseen tai niitä lähellä oleviin parannuksiin. Niilläkin keinoin vuosittaiset ominaisuuksien parannukset voivat nousta kymmeniin prosentteihin. Akateeminen tutkimus on tärkeää ja se kohdistuu uusiin ilmiöihin ja uusiin materiaaleihin, joiden avulla tavoitellaan kertaluokkaa suurempia parannuksia muistien ominaisuuksiin. Tutkimus on aktiivista ja etenee monia eri haaroja.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.35 Uudet nopeat ja tiheät muistimateriaalit. Se nousi kolmanneksi tärkeimpään ryhmään. Monet teoreettiset mahdollisuudet olivat silloin näköpiirissä. Niiden tutkimus on edennyt selvästi konkreettisempaan vaiheeseen. Markkinoille tulleet tuotteet, kuten Flash-muisti ovat kehittyneet kymmeniä kertoja tiheämmiksi tarkastelujaksolla. Intel on tuonut markkinoille kahta kertaaluokkaa Flash-muistia nopeamman SSD-muistikamman, jonka kapasiteetti on 1,5 Teratavua.

Keskusmuistitason DRAM-muisteissa tiheyden kehitys on ollut vain 20% vuositasolla. Mekaanisista magneettilevyistä ja nauhoista ollaan nopeasti siirtymässä kiinteisiin massamuisteihin, mutta etenemistä tapahtuu myös siellä. IBM ja Sony ovat saaneet pakattua 330 Teratavua pieneen nauhakasettiin.

Tutkimuksellinen eteneminen on ollut nopeaa. Grafeenista on onnistuttu tekemään hyvin vähän virtaa kuluttava muistipiiri. Kvartsikiteeseen on tallennettu tieto 3D-rakenteena. Tämän avulla pieneen optisesti luettavaan lasilevyyn on saatu mahtumaan 360 teratavua. Optisissa pienitehoisissa luku/kirjoitusmuisteissa on saavutettu Gigahertsinopeus monikerroksisella rakenteella.

Spintroniikan tutkimus on edennyt ja IBM on onnistunut tallennustiheydessä saamaan yhden bitin yhteen atomiin. Myös IBM:n Racetrack-muistikehitys etenee ja on tutkijan arvion mukaan viiden vuoden päässä tuotannosta. Edut voivat tuolloin jäädä liian vähäisiksi muihin uusiin tekniikoihin verrattuna.

Kiinnostavia lähteitä:

Assosiatiiviset muistit ja hermoverkkoprosessorit (3.05) ***

Teknologiakorin kohdealue: Ihmisen aivot eivät jakaudu nykyisten tietokoneiden tavoin muistiin ja sitä lukevaan ja päätöksiä tekevään prosessoriin. Aivoissa hermosolut muodostavat verkostoja, joissa signaalit etenevät rinnakkain eri hermosolujen välillä. Hermoverkon toiminta on riippuvainen hermosolujen välisistä yhteyksistä ja niiden kyvystä osallistua toisten hermosolujen aktivointiin. Prosessointi, muisti ja taidot eivät tällä fyysisellä tavalla ole erotettavissa toisistaan.

Tekoälykehitys on osoittanut aivojen toimintaperiaatteen erittäin tehokkaaksi hahmontunnistuksessa ja syväoppimisessa. Siksi tekoälyjärjestelmissä matkitaan hermoverkkoja, mutta se joudutaan tekemään simuloimalla niitä ohjelmallisesti, koska tietokoneissa ei ole hermoston kaltaista rakennetta. Tämä simulointi ei kuitenkaan ole erityisen nopeaa eikä energiatehokasta ja siksi tekoälyn tarpeisiin on kehitetty entistä tehokkaammin hermoverkkoja simuloivia prosessoreita ja hermoverkkoja suoraan matkivaa elektroniikkaa.

Kehityksen yleiskuvaus: Grafiikkaprosessoreita on käytetty tekoälyn tarpeisiin, koska grafiikan esittämiseen vaadittu laskenta soveltuu hermoverkkojen simulointiin yleisprosessoreita paremmin. NVidian tehokkaat tekoälyprosessorit edustavat tätä suuntausta. Google ja IBM ovat kehittäneet prosessoreita, jotka soveltuvat erityisesti heidän omien tekoälyjärjestelmiensä vaatimaan laskentaan.

Memristor on jo kauan tunnettu konsepti elektroniikassa. Siinä vastuksen arvo voidaan asettaa ja piiri muistaa sen. Memristoreiden ja muiden uusien tekniikoiden avulla on mahdollista kehittää piirejä, joissa synteettisten hermosolujen väliset synapsit vahvistuvat tai heikentyvät toiminnan mukaisesti. Tämän toiminnan mukaista elektroniikkaa kehitetään nyt monella eri taholla, vaikkakin todellisia memristor-piirejä on vain tutkimuksellisessa käytössä ja hermoverkkoprosessorit perustuvat vielä perinteiseen piiriteknologiaan. Johtavia kehittäjiä ovat IBM, Intel, Qualcomm ja HP.

Teknologiaa kehitetään yhtäältä suurten laskentakeskusten tekoälyyn perustuvien pilvipalveluiden tarpeisiin ja toisaalta kuluttajien päätelaitteisiin esimerkiksi konenäön sovelluksiin. Esimerkiksi Apple on ilmoittanut lisäävänsä tekoälyprosessorin omaan älypuhelimeensa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tekoälyyn liittyvä prosessorikehitys ja asssosiatiivisten muistien kehitys on laajentunut akateemisesta tutkimuksesta laajasti elektroniikkateollisuuden kilpailluksi alueeksi. Toiminta ei vielä ole kovinkaan suureksi osaksi asiakkaiden osotuksiin vastaamista, lukuun ottamatta NVidian prosessoreita, vaan kehittäjät uskovat markkinoiden nopeaan kasvuun.

Kehitys tähtää tietotekniikan tulevaan sukupolveen ja omien kilpailuasetelmien varmistamiseen tekoälyn seuraavassa aallossa. Akateemisen tutkimuksen merkitys tavoiteltaessa ihmisen hermoston energiatehokkuutta ja memristoreita on edelleen merkittävä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaava kohta oli 2.36 Aivojen simulointi, kartoitus ja se nousi toiseksi tärkeimpään ryhmään. Tekoälysovelluksissa ei vielä käytetty grafiikkaprosessoreita eikä muita erityisprosessoreita. Suurin tutkijoiden kehittämä hermoverkkoprosessori sisälsi 128 neuronia ja 5120 synapsia.

Kehitysnopeutta kuvaa se, että Intel on julkaissut kaupallisen Loihi prosessorin, jossa on 130 tuhatta neuronia ja 130 miljoonaa synapsia. IBM on esitellyt piirikortin, jossa on 16 piiriä, kussakin miljoonaa neuronia ja 256

miljoonaa synapsia. Memristoreissa on tunnistettu kestäviä rakenteita ja materiaaleja, mutta kyse on edelleen niiden osalta tutkimuksellisesta vaiheesta.

Kiinnostavia lähteitä:

Kvanttitietokoneet ja kvanttikommunikaatio (3.06) *

Teknologiakorin kohdealue: Tietokoneilla suoritettava laskenta on moniin vaativiin tehtäviin hidasta ja energiaa kuluttavaa. Laskennan nopeutta ja energiatehokkuutta pyritään jatkuvasti kasvattamaan. Tietoliikenne on myös moniin tehtäviin hidasta ja tiedot helposti varastettavissa tai vääristeltävissä. Tietoturvan varmistaminen siten, ettei kukaan pääse lukemaan tai väärentämään lähetettyjä viestejä, on jatkuvaa kilpajuoksua siitä, kuinka monimutkaisesti viestit osataan salata tai salaukset murtaa.

Kvanttimekaniikka monine ihmisille mystisine ominaisuuksineen tarjoaa mahdollisuuksia näihin haasteisiin. Kvanttitietokoneessa laskentayksikkö on kubitti ja se voi kvanttimekaanisista syistä olla samanaikaisesti useissa eri tiloissa. Kubittien määrän kasvaessa rinnakkaisuuden määrä kasvaa eksponentiaalisesti ja laskentateho samoin. Kvanttitietokone voi laskea nopeasti suunnnattoman määrän eri vaihtoehtoja ja summata ne. Kubitit eivät saa laskennan aikana vaikuttaa ulkomaailmaan, koska tällöin laskentaan liittyvä superpositio romahtaisi ja summaus tapahtuisi ennenaikaisesti.

Kvanttilaskenta tarjoaa merkittävän haasteen tietoliikenteen salaukselle, koska tavallisimmin käytetyt salausalgoritmit ovat murrettavissa kvanttilaskennan avulla. Kvanttimekaniikka toisaalta tarjoaa tietoliikenteen suojaukseen uutena vaihtoehtona kvanttilomittumisen. Ilmiö on pitkään tunnettu ja siinä yhden kvantin tilan muutos muuttaa samanaikaisesti lomittuneen kvantin tilan, vaikka nämä olisivat kaukana toisistaan. Tilan muutos tapahtuu välittömästi eikä siis noudata valon nopeutta. Kvanttilomituksen avulla on mahdollista varmistaa, ettei kukaan muu kuin tarkoitettu lukija ole avannut viestiä.

Kehityksen yleiskuvaus: Kvanttilaskennassa keskeistä on eristää kubitit ympäristöstä. Tähän liittyy esimerkiksi jäähdytys suprajohtavuuden aikaansaamiseksi tai monet muut erittäin kokeelliset teknologiat. Kubittien määrän lisääminen koneeseen tai niiden pysyvyys laskennan aikana ovat haasteellisia tehtäviä. Myös sellaisten algoritmien kehittäminen, joihin kvanttilaskenta soveltuu, on vaativaa. Kvanttitietokone, vaikka kubitteja olisi riittävästi, ei siis ole tavallista tietokonetta nopeampi yleisesti vaan ainoastaan joissakin algoritmeissa.

Kvanttilomituksen käyttö viestinnän salaamisessa edellyttää lomittumisen aikaansaamista kahden kvantin välille. Tämän jälkeen toinen kvanteista siirretään toiseen paikkaan lomitusta rikkomatta. Kvantin tilan tarkastaminen

muuttaa sen tilaa ja samalla muuttuu myös lomitetun toisen kvantin tila. Testejä on suoritettu lähinnä fotoneilla sekä maan päällä että avaruudessa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kvanttitietokoneiden ja kvanttilomituksen tutkimus perustuu pääosin tieteelliseen motiiviin, mutta monilla yrityksillä on myös pitkän tähtäimen kaupallisia motiiveja panostaa kehitykseen.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Vastaava kohta edellisessä raportissa oli 2.37 Kvanttitietokoneet, ja se sijoittui alimpaan ryhmään. Kehityksen kärjeksi silloin mainittu D-Wave ei ole lunastanut lupauksia. Kyse on kvanttitietokoneesta, mutta sellaisesta, jonka ominaisuudet ovat verrattain heikot. Kvanttitietokoneessa kohina, kubittien lomittuminen ja rinnakkaisuuden määrä ovat keskeisiä parametreja.

IBM on julkaissut verkossa oman 16 qubitin kvanttitietokoneensa tutkijoiden ja opiskelijoiden käytettäväksi. IBM on saanut 50 kubitin kvanttitietokoneen toimimaan. Intel on toimittanut asiakkaalleen tuottamansa 17 kubitin piirin. Tutkijat ovat saaneet neljän kubitin rekisterin stabiiliksi ja helposti laserilla ohjattavaksi sekä luettavaksi. Monet toimijat ovat ryhtyneet varautumaan kvanttiteknologian etenemiseen ja mahdollisuuteen murtaa salasanoja.

Kvanttilomituksen ennätys on nyt kiinalaisilla 1200km. Kvanttisalaus on osoitettu mahdolliseksi, mutta nyt myös Zeno -ilmiö on vahvistettu ja on vahvistettu käytännössäkin, että se mahdollistaa materiattoman ja valoa nopeamman tiedonsiirron lomituksen avulla, mutta on edelleen epävarmaa, voidaanko informaatiota siirtää valoa nopeammin.

Kiinnostavia lähteitä:

Nanohiilet ja muut uudet elektroniikkamateriaalit (3.07)

Teknologiakorin kohdealue: Monia uusia sähkömagneettisesti aktiivisia materiaaleja on löydetty. Tähän koriin kuuluvat uusien materiaalien ominaisuudet elektroniikan ja optoelektroniikan sekä sähkömakeniikan tehtävissä. Materiaaleilla voi olla vaikutusta sähkön ja lämmönjohtavuuteen, laitteiden nopeuteen, kokoon, hintaan, kestävyyteen tai herkkyyteen ja moniin muihin ominaisuuksiin. Transistorimateriaalit ovat kehityksen keskiössä.

Kehityksen yleiskuvaus: Nanohiilet ovat selkeästi merkittävin uusi elektroniikkaan vaikuttava materiaali. Grafeeni ja hiilinanoputket sekä

itsenäisesti että yhdessä muiden aineiden kanssa tarjoavat hämmentävän laajan joukon erilaisia ominaisuuksia tutkijoiden työsaraksi. Grafeeni on yhden atomikerroksen paksuinen verkkomaisesti yhdistynyt hiiliatomien levy. Hiilinanoputki on grafeenin putkimainen variaatio.

Elekronin voivat liikkua grafeenissa lähes vastuksetta. Grafeenista on opittu valmistamaan erittäin nopeita transistoreja sekä muita elektroniikan komponentteja. Grafeenia reijittämällä saadaan aikaan pietsosähköisiä ja optisia ilmiöitä. Näiden avulla voidaan toteuttaa esimerkiksi läpinäkyviä kosketuspintoja tai valokennoja.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Useat julkiset tahot ja yritykset ovat panostaneet yhteensä miljardeja euroja grafeenitutkimukseen. Pääosa panostuksesta on kohdistunut elektroniikkateollisuuden materiaaleihin. Useissa tutkimushaaroissa on selkeä akateeminen motiivi pitkän tähtäimen kaupallisen hyödyn rinnnalla, mutta joukossa on runsaasti välittömiin kaupallisiin hyötyihin ja asiakaskysynnän tyydyttämiseen tähtääviä tuotekehityshankkeita.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Ryhmä on lisätty uusien materiaalien vaikuttaessa nopeasti elektroniikan kehitykseen. Nanohiilten mahdollisesta vaikutuksesta elektrokniikkaan on puhuttu useiden vuosien ajan, mutta merkittäviä tuloksia elektroniikan saralla on syntynyt vasta edellisen raportin julkaisemisen jälkeen. Valon manipulointi IR-UV -välillä kyetään tekemään grafeenin avulla. Tämä mahdollistaa lähettimet, näyttölaitteet, valokennot ja linssit sekä optoelektroniikan muut sovellukset sekä optisen laskennan komponentteja.

Spintroniikkaan perustuva laskenta ja muistipiirit on osoitettu toimivaksi grafeenissa. Kyse on erittäin energiatehokkaasta laskennasta. Transistori on saatu toteutettua useilla eri tavoilla sekä piipohjaista tehokkaampana että nopeampana ja vähemmän tilaa vievänä. Grafeenin avulla on myös saatu toteutettua joustavaa elektroniikkaa kankaisiin, ihon pintaan ja muoveihin. Myös grafeenipohjaisen elektroniikan tuotantomenetelmiä on ryhdytty kehittämään.

Kiinnostavia lähteitä:

Laskentatehon radikaali kasvu (3.08)

Teknologiakorin kohdealue: Perinteisen elektroniikan keinoin on vaikea kasvattaa tietokoneiden kellotaajuuksia muutamaa Gigahertsiä korkeammalle. Laskentavaatimusten jatkuvasti kasvaessa nopeus voi kasvaa useilla eri tavoilla. Käskykantoja voidaan optimoimada tehtävien mukaiseksi, kuten toisaalla kuvataan tekoälyn ja hermoverkkolaskennan yhteydessä. Toiseksi laskennan rinnakkaisuutta voidaan kasvattaa perinteisin tai toisaalla kuvatun kvanttilaskennan menetelmin. Kolmanneksi voidaan siirtyä elektronien siirtämiseen perustuvasta laskennasta muihin alkeishiukkasiin ja nopeampiin ilmiöihin. Tähän koriin sisältyvät laskennan rinnakkaisuuden tavanomainen lisääminen ja alkeishiukkasten elektroniikkaa nopeammat ilmiöt.

Kehityksen yleiskuvaus: Fotoniikan, kvasipartikkeleiden ja spintroniikan ilmiöitä pyritään hyödyntämään laskennan nopeuttamiseksi. Fotonit saadaan plasmoniikan avulla vangittua materian sisään ja liikkumaan hitaammin. Plasmonit ja muut kvasipartikkelit, kuten Weylin fermionit ovat massattomia fotonien tavoin. Spintroniikka nojaa kykyyn lukea ja vaihtaa kvarkin pyörimissuunta ja aikaansaada laskentaa sen avulla. Tällainen kehitys voi kasvattaa laskentatehoa, mutta toistaiseksi ollaan perustutkimuksen tasolla.

Prosessoritiheys on kasvanut jatkuvasti. Koska monimutkaisuutta ei kyetä kasvattamaan tehokkaasti, luo tiheyden kasvu paineita rinnakkaisuuden kehittämiseen. Rinnakkaisuuden vaatimus muuttaa sovelluksia ja ICT-arkkitehtuuria. Prosessorien ja yhteisen muistin väliset väylät ruuhkautuvat ja hidastavat laskentaa, jos tehtävissä on paljon yhteisiä lähtö- ja tulostietoja. Tähän liittyviä ongelmia on työstetty 1970-luvulta alkaen ja työstetään edelleen, mutta nyt yhä suuremmin resurssein ja konkreettisin tavoittein.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Pääpaino kvantti-ilmiöiden tutkimuksessa ja hyödyntämisessä on akateemisesti motivoitu ja yrityksillä on siihen pitkän tähtäimen intressi. Rinnakkaislaskenta on laajentunut akateemisesta tutkimuksesta tietotekniikkayritysten välittömän kiinnostuksen kohteeksi.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Weylin fermionin on havaittu kuljettavan varausta tuhat kertaisella nopeudella elektroniin verrattuna tavallisissa johtimissa. 245 THz taajuus on havaittu mahdolliseksi plasmoniikkatunneloinnilla. Spintroniikalla voidaan toteuttaa Terahertsitason kaskadilogiikka.

Rinnakkaislaskentaan suunniteltu Tardis-rakenne vähentää olennaisesti moniydinprosessorien muistintarvetta. Muistin tarve kasvaa lineaarisen sijaan vain logaritmisesti ja siksi esimerkiksi 128 prosessorin laitteen muistintarve vähenee kolmanteen osaan. Rinnakkaislaskennan merkityksen kasvaessa Intel

on päättänyt investoida massiivisen rinnakkaislaskennan kehitykseen $16MRD.

Kiinnostavia lähteitä:

1.3. Liikenne, liikkuminen ja logistiikka

Teknologiakehitys vaikuttaa liikenteeseen ja liikkumiseen monella tavoin. Liikenne on nopeasti robotisoitumassa. Toistaiseksi vaikutus on näkynyt ajoturvallisuuden parantumisena. Tulevalla kehityksellä ennakoidaan olevan merkittäviä vaikutuksia sekä henkilö- että tavaraliikenteen palveluiden saatavuuteen ja kustannuksiin. Kuljettajaton tavaraliikenne mahdollistaa kaluston ja kuljetusaikojen optimoinnin. Henkilöliikenteessä kuljetuspalveluiden hinnan lasku ja saatavuuden paraneminen mahdollistavat omasta autosta luopumisen, joka vähentää autojen kokonaistarvetta ja parkkipaikkojen tarvetta.
Akkuteknologian ja sähkömoottoreiden kehitys ohjaavat kohti nykyistä laajempaa liikenteen sähköistymistä. Sähköautojen lisäksi kevytliikenne sähköistyy nopeasti. Myös sähkölentokoneita kehitetään ja ne nähdään järkevinä tulevaisuudessa ennakoidun akkuteknologian avulla. Sähkö on myös vesiliikenteessä kasvava energiamuoto. Nelikopterit ja muut dronet ovat teknologiakehityksen avulla nousseet varteenotettaviksi välineiksi tavaroiden jakelussa.
Liikenteen kehityksellä on laajat vaikutukset kaupunkirakenteeseen, ihmisten ajankäyttöön ja jopa kaupunkien asemaan. Monet kaupungit ovat syntyneet ja kasvaneet meriliikenteen ansiosta. Konttiliikenne on sekin muokannut maailmaa. 1200km/h kulkeva Hyperloop tulee muuttamaan talousmaantiedettä vastaavalla tavalla.
Liikkumisen teknologia vaikuttaa tulevaisuudessa monien liikuntaesteisten ihmisten arkeen palauttaen toimintakyvyn. Liikenteeseen liittyvä teknologia mahdollistaa myös laitteille yhä helpomman pääsyn avaruuteen tai muihin hankalasti tavoitettaviin paikkoihin.

Robottijalat ja kävelyavustajat (4.01) ****

Teknologiakorin kohdealue: Ihmisen luontainen toimintaympäristö on jalkoja varten rakennettu. Kuljimme sitten sisätiloissa, kaupunkiympäristössä tai metsäpoluilla, selviämme matkastamme jalkojen avulla, elleivät etäisyydet tai vesireitit edellytä liikennevälineitä. Mikäli jalkamme ovat heikot tai vammautuneet, me kohtaamme arjessa vaikeuksia.

Pyörätuoli tai rollaattori ei auta portaissa eikä se nosta meitä keskustelemaan muiden ihmisten kanssa kasvokkain tai kurottelemaan kaupan ylähyllyn tavaroita. Pyörillä kulkeva robotti kohtaa vastaavia ongelmia. Robottijalkoja kehitetään, jotta sekä koneet että heikkojalkaiset ihmiset kykenisivät sujuvasti liikkumaan kaikkialla, misssä terve ihminen normaalisti liikkuu.

Kehityksen yleiskuvaus: Käveleviä robotteja on kehitetty hyvin pitkään. Aluksi koneet ovat kävelleet neljällä tai kuudella jalalla, koska kävely on haluttu säilyttää koko ajan tasapainotilassa. Yllätykselliset esteet ovat aiheuttaneet tällaisille kävelijöille helposti kaatumisen.

Dynaamisen mallin mukainen kävely on ratkaissut monia ongelmia. Siinä robotti olettaa aina kaatuvansa ja laskee, mihin jalka tulisi seuraavaksi laittaa, jotta kaatuminen estyisi. Tämä ajatus kävelystä sopii ympäristöihin, joissa maasto on epätasainen ja sen käytös jalkojen alla vaikeasti arvioitavissa esimerkiksi liukkauden, löysyyden tai pyörivien kivien vuoksi. Dynaaminen kaatuvan liikkeen malli mahdollistaa juoksevan tai tanssivan robotin. Paras kaksijalkainen robotti kykenee nyt reagoimaan yllätyksellisiin tilanteisiin, juoksemaan, kävelemään portaissa ja hyppäämään eikä se hämmenny liukastelusta.

Robottien kävelyn rinnalla ja osin samaa teknologiaa käyttäen on kehitetty sekä heikkojalkaisille ihmisille että halvaantuneille tai amputoiduille ihmisille robottijalkoja. Kyse on päälle puettavasta varustuksesta, joka avustaa tai hoitaa kävelyn ihmisen puolesta. Avustavassa kävelyssä robottijalat lukevat ihmisen hermostosta tai lihaksista signaalit, joita robottijalat vahvistavat. Omien jalkojen toimintaa siis vahvistetaan.

Halvaantuneen tai amputoidun lihaksista ei saada kaikkia jalkaa ohjaavia signaaleja, joten tarvittaessa ihmisen on ohjattava kävelyä osoittamalla halutut liikkeet käsien avulla. Vaihtoehtoisesti robotti voidaan kytkeä aivoihin, jotka oppivat antamaan robottijaloille tarkemmat ohjeet liikkeiden suunnasta.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Pioneeriyritykset, kuten Honda, ovat tehneet kehitystä pitkän tähtäimen motiivin vuoksi. Merkittävää tutkimustyötä on tehty myös yliopistoissa ja erityisesti sotilaslääketieteen puolella invalidisoituneiden sotilaiden auttamiseksi. Tuotekehitys on ollut merkittävää myös robotiikkaliiketoiminnan startup-yritysten piirissä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Lähimmät korit edellisessä raportissa ovat 2.70 Robottijalat ja liikkumista vahvistava haarniska sekä 2.54 Kävelevä kädellinen robotti. Kummatkin nousivat korkeimpaan ryhmään.

Cyberdynen liikkumisen avustajat olivat kokeilussa jo edellisen raportin kirjoitushetkellä, kuten myös Hondan kävelyavustaja. Kummatkin ovat nyt kaupallistuneet ja markkinoilla on uusia tulokkaita. Alaraajahalvauspotilaan kävelyavustaja on nyt kevytrakenteinen, 12,5 kg painava laite, jonka hinta on

40 tuhatta dollaria. Heikkojalkaiselle tarkoitetun Hondan kävelyavustajan hinta on 350 euroa kuukaudessa.

Sotilaskäyttöön ja raskaaseen varastotyöhön on tarjolla toiminnallisia tukirankoja, joissa sekä käsiä että jalkoja avustetaan. Keinotekoiset lihakset ovat mahdollistaneet pehmeiden kävelyavustajien kehityksen ja kokeilut. Kaksijalkaisen robotin kävelyä on demonstroitu maastossa, esimerkiksi metsäpolulla. Nelijalkaiset robotit kävelevät jo sujuvasti epätasaisessa maastossa. Rakennetussa ympäristössä käveleviä robotteja on useita.

Hondan Asimo on demonstroinut juoksevaa liikettä ja pysyy pystyssä tönäisyistä huolimatta. Boston Dynamicsin varastorobotti hyppii luontevasti esteiden yli. Se liikkuu nopeasti kahdella pyörin varustetulla jalalla, kuten rullaluistelija. Laite kykenee nostamaan ja kuljettamaan raskaita tavaroita.

Kiinnostavia lähteitä:

Robottiauto henkilö- ja tavaraliikenteessä (4.02) ****

Teknologiakorin kohdealue: Auto on liikenteen arvossa mitattuna liikennevälineistä merkittävin sekä henkilö- että tavaraliikenteessä. Autoja palveleva tie ja katuverkosto lukeutuu yhteiskuntien suuriin investointeihin. Suomessa on noin kolme miljoonaa autoa, joista pääosa on henkilöliikenteessä olevia yksityisautoja. Niiden keskimääräinen käyttöaste on 4%. Autojen ohjaamiseen käytetään vuosittain arviolta miljardi tuntia. Autojen kunnossapidon ja varastoinnin kustannukset ovat nekin huomattavat.

Mikäli ajosuorite kyetään robotisoimaan, vapautuu Suomessa miljardi henkilötuntia muuhun tarkoitukseen. Autojen yhteiskäyttö voi lisääntyä auton siirtyessä yhdeltä tarvitsijalta vapauduttuaan itsenäisesti seuraavan luokse. Henkilöliikenne ja tavaraliikenne muuttuvat olennaisesti edullisemmiksi kuljettajakustannuksen poistuessa, ja kaupunkirakennetta voidaan parantaa, kun parkkipaikkatarve vähenee yhteiskäytön lisääntyessä.

Robottiauton kehityksessä mekaaninen ohjaus ei muodosta ongelmaa. Ympäristön reaaliaikainen hahmotus suurella nopeudella tapahtuvassa liikkeessä vaatii sensoritietoa ja laskentaa. Sujuvaan ajamiseen tarvitaan myös tekoäly, joka kykenee ennakoimaan muiden tielläliikkujien toimia. Tämä kaikki on saatava toimimaan luotettavasti erilaisissa tilanteissa ja olosuhteissa.

Kehityksen yleiskuvaus: Robottiauton kehityksessä on kuvattu viisi tasoa. Taso 1 on avustava ajo, josta esimerkkinä parkkiavustus ja kaistavahti. Kuljettaja on toiminnassa selkeästi mukana. Taso 2 tarkoittaa osittaista autonomiaa, jolloin robotti ottaa hoitaakseen esimerkiksi kaasupolkimen ja mukautuu jonon etenemisvauhtiin joko moottoritiellä tai ruuhkassa. Taso 3 on ehdollinen autonomia, jossa robotti ottaa ajamisen kokonaan tehtäväkseen

suotuisissa olosuhteissa, mutta ihmisen on oltava valmiina tarttumaan hallintalaitteisiin, mikäli ajotilanne muuttuu. Taso 4 on täysi autonomia oikeissa olosuhteissa. Auto selviää itsenäisesti esimerkiksi tietyllä reitillä tai jossakin lähiössä ja sopivissa keliolosuhteissa. Tähän tasoon voidaan laskea myös letka-ajo, jossa yhtä ihmiskuljettajaa seuraa joukko robottiautoja tämän ihmiskuljettajan valvonnassa. Taso 5 tarkoittaa täyttä, ihmisen kaltaista autonomiaa.

Kehityksen pääpaino on nyt tason 4 ja tason 5 ajossa. Autot liikkuvat valvotuissa kokeiluissa jo lähes rutiinimaisesti monilla alueilla ja reiteillä. Samanaikaisesti kehitetään ajoneuvojen tarpeisiin 3D-karttatietoa, erilaisia sensoreita ja tekoälyjärjestelmiä, jotta yhä useammat eri tilanteet saadaan hallittua. Myös lainsäädännön kehitys on aktiivista sekä robottiliikenteen sallimisen että vastuukysymysten osalta. Teknologian ja lainsäädännön lisäksi kehitys on suuntautunut robottiliikenteen mahdollistamiin uusiin liiketoimintamalleihin ja teollisuuden rakennemuutokseen.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Akateemisesti motivoitu tutkimus on jäänyt pääosin toissijaiseksi autoteollisuuden, elektroniikkateollisuuden ja liikennepalveluiden tarjoajien kilpaillessa robottiliikenteessä syntyvien uusien arvoverkkojen avainpaikoista. Muutaman viime vuoden aikana kehitykseen on laskettu investoidun jo yli 80 miljardia dollaria. Akateemisella tutkimuksella on edelleen huomattava merkitys sensorikehityksessä ja tekoälyn vaatiman teknologian kehityksessä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.45 Robottiauto, joka nousi korkeimpaan ryhmään. Kehityksen kärkeä edusti tuolloin Googlen (Waymo) robottiauto, joka oli jo ehtinyt ajaa autonomista valvottua ajoa lähes miljoona kilometriä, pääosin maantieajoa. Ajoa avustava tason 1 automaatio alkoi olla tavallista vakiomallisissa uusissa autoissa.

Tämän jälkeen on otettu monia selkeitä askeleita ennakoituun suuntaan. Waymo on aloittanut täysin kuljettajattoman palvelukokeilun Phoenixissa. General Motors on ilmoittanut käynnistävänsä autonomisen taksipalvelun vuonna 2019. Sekä Waymon, General Motorsin että Fordin esittämät demonstraatiot robottiautojensa kyvyistä selvitä monimutkaisissa kaupunkiajon tilanteissa ylittävät ratkaisevasti ne yksinkertaiset esimerkit, jotka olivat esillä edellisen raportin julkaisuhetkellä.

Teslan vakiomalliset autot kykenevät nyt tason 3 automatiikkaan ja keräävät tekoälyn tarpeisiin havaintotietoja ajosta. Musk ennakoi autonomisen ajon alkavan vuonna 2018. Lähes kaikki merkittävät autonvalmistajat ovat

ilmoittaneet pyrkivänsä saamaan tason 3-5 auton markkinoille 2020-luvun alkupuolella. Useat kehittäjät ovat aloittaneet robottiautojen talvitestauksen.

Robottiliikennekokeilut on sallittu tavallisen liikenteeen seassa ja robotisoitua joukkoliikennettä kokeillaan useissa maissa muun liikenteen seassa. General Motors on ilmoittanut, että he ovat saaneet tuotantolinjan valmiiksi, joka kykenee valmistamaan satoja tuhansia robottiautoja vuodessa, kunhan he saavat ohjelmiston valmiiksi ja lainsäätäjä hyväksyy autot tieliikenteeseen. GM, Ford ja useat muut autonvalmistajat ovat sopineet Lyftin kanssa yhteisestä rajapinnasta, jolla robottitaksin voi kutsua paikalle.

Kiinnostavia lähteitä:

Kevyet henkilö- & tavarakuljettimet (4.03) ***

Teknologiakorin kohdealue: Autot ovat monissa tilanteissa raskaita ja tilaavieviä kuljetusvälineitä. Polkupyörä on tavallisin henkilökuljetin auton lisäksi. Kottikärryt tai muut lihasvoimalla vedettävät ja työnnettävät laitteet ovat auton jälkeen tavallisimpia tavaroiden kuljettimia.

Kävelyä nopeampia ja polkupyörää kätevämpiä tai vaivattomampia kevyitä kulkuvälineitä on kehitetty runsaasti ja sähköpyörä on niistä yleisin. Julkisilla reiteillä tapahtuvassa tavaroiden kuljetuksessa robottikuljettimet ovat kokeiluasteella. Teollisuuden ja kaupan tavaravirtojen ohjaukseen robotteja on jo käytetty suljetuilla alueilla. Myös armeijat pyrkivät käyttämään uutta teknologiaa logistiikan tarpeisiin.

Kehityksen yleiskuvaus: Akkuteknologian kehitys on avannut ovet sähkökäyttöisille kulkuvälineille. Tietotekniikan avulla laitteet liikkuvat kätevästi yhdellä tai kahdella pyörällä ja tasapainottavat itsensä. Tämä mahdollistaa esimerkiksi yksipyöräisen päällä seisottavan laitteen, joka on kannettavissa salkun tavoin joukkoliikennevälineeseen, ja jonka käyttö ei edellytä jonglöörin taitoja.

Ensimmäinen yleinen itseään tasapainottava henkilökuljetin on Segway. Sen jälkeen kehitys on edennyt kevyempiin, tehokkaampiin tai istuttaviin laitteisiin. Yksipyöräisten laitteiden lisäksi sähköpyörälaudat, sähköpotkulaudat ja sähkömopot sekä yksipyöräiset moottiripyörät ovat tulleet myyntiin. Monet kevyistä laitteista ovat kokoontaitettavia. Tyypillinen nopeus on 20 kilometriä tunnissa ja käyttöaika kertalatauksella tunnin.

Tavaroiden kuljettimet tunnistavat ja oppivat niille annetun reitin ja kykenevät kulkemaan esimerkiksi jalankulkuväylää pitkin. Prototyyppejä on useita.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kevytliikennevälineitä kehitetään markkinoiden tarpeisiin. Kehityksessä hyödynnetään muista syistä syntyneitä komponentteja, kuten uusimpia akkuja, tutkia, inertialaitteita, lidar-

järjestelmiä ja konenäön sovelluksia. Kehityshankkeet eivät ole erityisen laajoja. Siksi asiakastarpeen ja kiinnostuksen motivoima joukkorahoitus on selkeä kehitystä edistävä tekijä. Akateemisen tutkimuksen rooli on vähäinen. Teollisuuden ja kaupan tavaravirtojen ohjailussa roboteilla on kasvava rooli ja tämä motivoi teollisuuden alihankkijoita kehittämään robottikuljettimia.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Vastaava kohta edellisessä raportissa oli 1- ja 2-pyöräiset henkilö- & tavarankuljettimet. Kirjoitushetkellä ensimmäiset yksipyöräiset itsensä tasapainottavat laitteet olivat tulleet markkinoille. Hinta on nyt laskenut silloisesta 1.795 dollarista 300 dollarin tasoon.

Sähköpyörät ovat yleistyneet voimakkaasti ja robotisoituja tavarankuljettimia on ryhdytty kokeilemaan. Suomi on laillistanut sähköistetyt kevytliikennevälineet ja Viro pohtii kevyiden autonomisten tavarankuljettimien sallimista jalankulkuteillä. Boston Dynamicsin Handle on osoittanut lähes suvereenin kyvyn liikkua teollisuustiloissa kahdella pyörällä nostaen sekä siirtäen samalla raskaita taakkoja. Handle kykenee myös liikkumaan esteiden yli ja pysymään tasapainossa epätasaisessa ympäristössä.

Kiinnostavia lähteitä:

Nelikopterit ja muut lentävät dronet (4.04) ***

Teknologiakorin kohdealue: Tavaroita on ptkään siirretty rahtikoneilla ja helikoptereilla. Ilma-alukset ovat myös keränneet tietoja kulkureittinsä varrelta. Akkuteknologian ja tietotekniikan kehittyessä tavaroiden ja mittalaitteiden siirtely ilmateitse on muuttunut helpommaksi. Moottorit ovat yksinkertaistuneet ja laitteet ovat pienentyneet. Uudet pienet laitteet eivät vaadi lento- tai helikopterikenttiä toimiakseen.

Nelikoterit ja muut sen kaltaiset laitteet voivat nousta ja laskeutua pystysuoraan pieneltä alueelta. Tietokone kykenee pitämään ne tasapainossa ja ohjaamaan niitä toivotulla tavalla. Laitteita voidaan käyttää esimerkiksi kuvaus- ja mittaustehtäviin, tavaroiden kuljetukseen sekä moniin fyysisiin toimenpiteisiin. Henkilöitä kuljettavat ilma-alukset käsitellään toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Nelikopterit ja muut robottikopterit ovat melko tuore keksintö. Laitteissa on tavallisesti neljä tai sitä suurempi parillinen määrä vastakkaisiin suuntiin pyörivää potkuria. Tietokone seuraa sensoreiden avulla laitteen tasapainoa ja säätää potkurien pyörimisnopeutta yksilöllisesti tarpeen

vaatiessa. Ohjaustoimien avulla valitaan laitteelle haluttu korkeus, suunta ja nopeus. Reitinvalinnankin voi suorittaa tietokone.

Nelikopteri kuluttaa noustessaan ja matkalennossakin melko paljon energiaa. Osa robottilennokeista käyttää matkalennossa siipiä lentokoneiden tavoin. Tällöin niistä käytetään tavallisesti nimitystä drone. Tekniikat ovat yhdisteltävissä. Laite voi nousta kopterin tavoin ilmaan ja kääntyä ilmassa matkalentoon siipien varaan. Tämän jälkeen potkurit eivät enää työnnä konetta ylöspäin vaan eteenpäin.

Nelikopterikehityksessä huomio ei enää ole sen kyvyssä pysyä ilmassa tai lentää haluttuun suuntaan. Algoritmit siihen ovat varsin kypsiä ja yleisesti saatavilla. Lentoajan ja hyötykuorman kasvattaminen sekä matkalennon hallittavuus eri sääolosuhteissa ovat kehityksen painopisteitä monenkaltaisten sovellusten ohella. Laitteiden vaatima lennonjohto, kuten myös kyky itsenäisesti pysyä määrätyllä reitillä ja ehkäistä törmäyksiä ovat kehityksen alla. Robottiautoissa käytetty elektroniikka ei sellaisenaan sovellu paino- ja tehorajoitteista kärsiviin pieniin lentolaitteisiin.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Nelikoptereita ja droneja kehitetään sotilas- ja siviilikäyttöön ensi sijassa kysyntäpohjaisesti. Akateemisen tutkimuksen merkitys on valtaosin epäsuora akkuteknologian ja konenäön kehityksen kautta. Tarvittavat tuotekehityspanokset ovat verrattain vähäisiä ja muun teknologian saavutusten yhdistelyä. Kehitys voi edetä merkittävällä tavalla nyös startup-yritysten ja joukkorahoitettujen hankkeiden kautta.

(tiede, yritykset, joukkoistus)

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.47 Nelikopterit. Perusteknologia oli raporttia kirjoitettaessa toimivaa ja laitteita käytettiin jo kuvaustehtävissä. Tämän jälkeinen kehitys on ollut nopeaa erityisesti soveltamisen osalta.

Lainsäädäntöä on useissa maissa muutettu sallivammaksi nelikoptereille ja muille droneille. Pakettien jakelu esimerkiksi Kiinassa on jo laajamittaista. Lukuisia luovia ideoita on testattu. Defibrillaattorin sydänkohtauspotilaan viereen kuljettava nelikopteri, köysisillan rakentava nelikopteri ja aseita kuljettava nelikopteri on kehitetty. Amazon lupaa toimittaa tilatut tavarat kotiin 30 minuutissa tilauksesta, kun saa viranomaiselta luvan palvelun käynnistämiseen. Kokeilu on meneillään Englannissa.

Nelikoptereille on kehitetty hahmot tunnistavia ja reittejä suunnittelevia erityisprosessoreita autonomista toimintaa varten. Nelikoptereiden on

demonstroitu lentävän ongelmitta metsässä ja ihmisten seassa. Nelikoptereita myös käytetään jo maanviljelyn ja metsänhoidon sekä pelastustoimen tehtävissä. Nelikopterien autonomista toimintaa valmistellaan sekä USAn että EU:n tasolla ja samaan tarkoitukseen kehitetään myös automaattista lennonjohtojärjestelmää.

Kiinnostavia lähteitä:

Kevyet henkilölennättimet (4.05) *

Teknologiakorin kohdealue: Ihminen on antiikin ajoista alkaen haaveillut siirtyvänsä paikasta toiseen lentäen. Lentäminen on yleistynyt, mutta lentokoneet ja helikopterit eivät mahdollista lyhyiden arkisten matkojen kulkemista ilmateitse. Helikopterin vaikeus ja vaarallisuus sekä lentokoneiden tarvitsema kiitotie ja toimintaan liittyvä runsas byrokratia ovat esimerkkejä esteistä.

Akkuteknologian ja tietotekniikan kehitys avaavat mahdollisuuksia kevyille ihmisiä lennättäville autonomisille laitteille. Nelikoptereista ja droneista opitulla tavalla laite voi lentää itse itseään siten, ettei koneen tarvitse kantaa lentotaitoista lentäjää matkustajan lisäksi. Tässä korissa käsitellään kevyet, pääosin yhden ihmisen ilmakuljetukseen tarkoitetut laitteet.

Kehityksen yleiskuvaus: Materiaalitekniikan avulla saadaan ilma-aluksen kori hyvin kevyeksi. Voimanlähteeksi on kehitetty paino-tehosuhteeltaan hyvää Wankel-moottoria ja kevyitä, tehokkaita sähkömoottoreita.

Sähkötoimisissa koneissa akkuteknologian kehitys on avainasemassa. Lentolaitteiden maassa vaatima tila ja siirtyminen säilytystilasta paikkaan, jossa ne voivat nousta ilmaan on prototyypeissä ratkaistu monin eri tavoin. Useimmat kehittäjät ovat valinneet pystysuoran nousun helikopterin tavoin. Osa kehittäjistä jatkaa roottoreiden varassa ja osa siirtyy vaakalentoon.

Suunnitteluratkaisut vaikuttavat olennaisesti lentonopeuteen ja lentoaikaan. Roottoreiden koko ja suojaus esimerkiksi vaihtelevat. Pienet, suojatut roottorit ovat turvallisia lähellä olevien ihmisten kannalta, jolloin nousu- ja laskeutuminen vaativat vähemmän turvatoimia. Ne toisaalta vaativat suuremman tehon ilmaan noustessa. Suojatun matkustamotilan lisäksi on harrastemielessä kehitetty rullalautaa tai sähköpyörää muistuttavia laitteita.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Henkilölennättimien kehitys on laajentunut startup-rahoitetusta toiminnasta suurten ilmailualan yritysten ja taksiyritysten piiriin. Kehityksen rahoitus on aiemmasta moninkertaistunut. Olennaista akateemista tutkimusta ei aihealueeseen vaikuta liittyvän.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.48 FlyNano ja muut kevytlentokoneet. Suomalaisen sähkölentokoneen, Flynanon tuotanto on nyt aloitettu. Laite painaa 70kg, kantaa lentäjänsä ja nousee sekä laskeutuu veteen. Toinen raportissa mainittu yritys ja alueen pioneeri, wankel-moottoreita käyttävä Moller hakee edelleen rahoitusta koneensa tuotantoon.

Uusien yritysten prototyypit toimivat sähkömoottoreilla. Airbus testaa lentävää autoaan Vahanaa. Saksalainen Lilium on myös ensilentonsa suorittanut ja tavoitteena on 300km matkaetäisyys. Muita prototyyppejä ovat mm. Hirabo Bit, Joby, SureFly ja eHang. Uber on julkistanut tavoitteekseen käynnistää kuluttajahintaisen lentotaksitoiminnan vuonna 2020 useissa eri kaupungeissa käyttäen robottikoptereita.

Kiinnostavia lähteitä:

Kevyet jatkuvasti lentävät laitteet (4.06) ***

Teknologiakorin kohdealue: On monia syitä, miksi ilma-alusten tulisi pysyä ilmassa pitkään ja tulla toimeen vähällä energialla. Etäisyydet saattavat olla pitkiä tai koneiden kantamia laitteita, esimerkiksi mittalaitteita tai tietoliikennelaitteita tarvitaan ilmassa pitkäaikaisesti.

Pitkäkestoinen lento voidaan saavuttaa ilmakehässä kevyillä, laajoilla siipirakenteilla ja onnistuneella ilmavirtausten hyväksikäytöllä. Ilmaa kevyemmät rakenteet, kuten vety- tai heliumtäytteiset pallot ovat myös käytetty keino. Kevyet aurinkopaneelit saattavat auttaa ilma-alusta keräämään lennon aikana energiaa lennon pitkittämiseen.

Kehityksen yleiskuvaus: Kevyet lujat rakenteet, ohutkalvoihin perustuvat tehokkaat aurinkopaneelit, kevyet sähkömoottorit ja kevyet suurikapasiteettiset akut ovat keinoja, joilla tavoitellaan tarvitsemansa energian lennon aikana hankkivaa lentokonetta. Tällainen kone voisi lentää jatkuvasti ilmassa tarvitsematta laskeutua maahan muutoin kuin huoltotöitä tai lastin vaihtoa varten. Tämä olisi merkityksellistä erityisesti tietoliikenteen ja ilmavalvonnan vuoksi, joissa tehtävissä nykyiset ratkaisut ovat eri tavoin puutteellisia.

Sadan vuoden takaiset ja sitä hieman nuoremmat ilmalaivat ovat saamassa modernit vastineensa. Materiaaliteknologia tuottaa yhä lujempia kevyitä rakenteita ja toisaalta yhä tiiviimpiä lujia pintamateriaaleja. Aurinkopaneelit, akut ja sähkömoottorit kehittyvät nekin omilla tahoillaan.

Ilmalaiva tulisi toteuttaa siten, että heliumia kuluu vain hyvin vähän tai vedyn turvallisuus varmistetaan. Nousu ja lasku tulisi hoitaa kaasunpaineen vaihtelulla kaasua poistamatta. Tämä synnyttäisi monille lasteille hyvin energiatehokkaan kuljetusmuodon.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Jatkuvasti ilmassa pysyvien alusten kehitystä motivoivat tietoliikenteen ja sotilasteknologian sekä logistiikan haasteet. Akateeminen mielenkiinto aihealueeseen vaikuttaa vähäiseltä, mutta epäsuora hyöty akateemisesta tutkimuksesta on suuri.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.52 Kevyet jatkuvasti lentävät laitteet ja se nousi toiseksi korkeimpaan ryhmään. Kirjoitushetkellä miehitetty aurinkopaneelilentokone Solar Impulse oli edistyksellisin laite. Tavoitteen saavuttamisessa on edetty ja monet tahot, mm. Google ja Facebook ovat investoineet kehitykseen merkittävästi. Googlen on kuitenkin lakkauttanut Titan -hankkeensa ensilennon epäonnistuttua. Facebookin vastaavan prototyypin lento onnistui ja hanketta on laajennettu projekti Aquila -nimellä.

Ilmapalloja on kehitetty tarkoituksena saada internet-yhteys niillekin alueille, joilla tukiasemia ei erilaisista syistä johtuen ole. Googlen Loon -pallot ohjautuvat tekoälyn avulla ilmavirtauksissa ja hanketta on laajennettu. Lockheed ja useat muut tahot ovat kehittäneet moderneja ilmalaivoja, jotka sopivat merkittävien kuormien siirtoon. Lockheedin ilmalaivan koelento on suunnitteilla vuonna 2018. Rahtikapasiteetti on yli 20 tonnia ja nopeus 70 mailia tunnissa. Matkaetäisyys yhdellä tankkkauksella on maapallon ympäri.

Kiinnostavia lähteitä:

Radikaali vesiliikenne (4.07)

Teknologiakorin kohdealue: Vesillä liikkumiseen liittyy useita samoja haasteita kuin maalla liikkumiseen. Navigointi vaatii paikantamista ja ympäristön tuntemusta vesiliikenteessä vielä enemmän kuin maaliikenteessä. Robottiauton tapaiset tekniikat auttavat vähentämään henkilösidonnaisuutta.

Aluksen syväys on keskeinen kysymys kahdesta syystä. Se määrää tarvittavan väylän vapaan syvyyden ja toiseksi laiva kuluttaa energiaa syrjäyttäessään

vettä. Tämä energian kulutus riippuu laivan painosta, pintarakenteesta ja muodoista sekä etenemisnopeudesta.

Kehityksen yleiskuvaus: Laivoja kehitetään itseohjautuviksi. Koska laivojen ympäristö etenkään valtamerillä ei tarjoa paikannuksen kannalta olennaisia tietoja, nojautuu paikannus satelliittitietoihin ja tietoihin laivan aiemmista liikkeistä ja suunnasta. Rannikoilla ja sisävesillä pohjaa kartoittavat kaikuluotaimet ja muut havainnot rantaviivasta tai radiomajakoistta tarjoavat täydentävän mahdollisuuden paikannukseen.

Paikan lisäksi autonominen alus tarvitsee tiedot ja havainnot muusta vesiliikenteestä sekä kartoitetuista reiteistä. Vesiliikenne on periaatteessa yksinkertaisemmin automatisoitavissa kuin erimerkiksi autoilu, mutta sijaintitieto on hankalammin varmistettavissa, jos satelliittitietoja väärennetään.

Miehittämättömistä aluksista voidaan jättää paljon kalliita rakenteita pois. Tämän ansiosta niihin saadaan enemmän rahtia. Miehistökustannusten poisjäänti helpottaa nopeuden laskemista, joka säästää huomattavasti energiaa.

Miehittämätön alus ei ole kovin altis merirosvoukselle. Miehittämättömillä, aurinkoenergialla toimivilla aluksilla voidaan tutkia meren olosuhteita tai kerätä muoviroskaa aiheuttamatta muita kuin pääomakustannuksia.

Laivojen runkomateriaalit voidaan muuttaa kevyemmiksi ja jopa kelluviksi. Tämä auttaa erityisesti sisävesillä, jossa sallitut syväykset eivät ole suuria. Kevyempään alukseen saadaan suurempi kuorma tai se saadaan reiteille, joihin muut alukset eivät pääse. Uudet materiaalit, kuten alumiinivaahto, mahdollistavat hyvin kevyet runkorakenteet.

Kantosiipitekniikka vähentää olennaisesti vesillä liikkumiseen vaadittavaa energiaa ja mahdollistavat nopeuden kasvattamisen. Tietotekniikan kehitys auttaa kantosiipien optimoinnissa ja jatkuvassa asennon säätämisessä. Vesiliikenteessä energiatehokkuuteen vaikuttavat myös purjeet, aurinkopaneelit ja tuulimyllyt sekä leijaenergia, joita kaikkia kehitetään.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Meriliikenteen kehitys ei ole akateemisesti aktiivinen alue. Kehitys tapahtuu pääosin yritysten ja kaupallisten tutkimuslaitosten toimesta ja meriliikennettä harjoittavien yritysten tarpeisiin. Joukkorahoituksella ja startup-rahoituksella voi olla merkitystä pienten robotisoitujen alusten kehitykseen.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset: RR&VTT

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kategoria on uusi ja otettu mukaan nopean kehityksen vuoksi. Edellisen raportin jälkeen Rolls Royce ja VTT ovat esitelleen miehittämättömän laivaliikenteen hyötyjä, kehityksnäkymiä ja edistysaskeleita sekä julkaisseen robottialusten valkoisen paperin.

Kevyempiä laivarakenteita on hyväksytty määräyksiin, Yara on ryhtynyt rakentamaan miehittämätöntä valtamerialusta, miehittämättömiä losseja on kehitetty ja ultrakevyt sisävesialus esitelty. Sea orbiter on joukkorahoitettu. Kyse on valtamerillä hitaasti liikkuvasta tutkimusasemasta, joka tuottaa oman energiansa ja ravintonsa. Foiling leviää uutena kantosiipitekniikkana mahdollistaen purjelaudoille, purjeveneille ja muille vesialuksille huomattavan suuren nopeuden ja energiatehokkuuden.

Kiinnostavia lähteitä:

Tyhjiösukkula - Hyperloop ja muu tunnelitekniikka (4.08) *

Teknologiakorin kohdealue: Matkat kaupunkikeskustojen välillä tai kaupunkien läpi ovat usein hankalia. Lentokentät sijaitsevat etäällä ja lentotoiminta on kankeaa. Myös junien aikataulut ja nopeus hankaloittavat matkoja, vaikka junat saapuvatkin tavallisesti kaupunkien keskustoihin. Maantieliikenne on hidasta ja ruuhkaista.

Liikenteen nopeutta voidaan lisätä putkeen sijoitetuilla magneettisesti leijuvilla kelkoilla ja sukkuloilla. Matka-aikojen lyhentäminen seitsemään minuuttiin kaupunkikeskustojen välillä jokaista sataa kilometriä kohden vaikuttaa mahdolliselta. Tämä muuttaisi satojen kilometrien etäisyydellä olevat kaupungit yhtenäiseksi asiointi- ja työssäkäyntialueeksi.

Kehityksen yleiskuvaus: Huippunopeissa Maglev-junissa on jo pitkään käytetty magneettista levitaatiota pyörien sijaan. Magneetit on saatu aikaan suprajohteilla ja teknologia on ollut sekä kallista että vaativaa. Magneettiset materiaalit ovat kehittyneet ja niitä on opittu käyttämään paremmin.

Passiivinen maglev tarkoittaa tekniikkaa, jossa kestomagneetit on asetettu liikkuvaan sukkulaan tai kelkkaan siten, että ne aikaansaavat ohi kulkiessaan radassa olevissa käämeissä sähkövirran ja vastakkaisen magneettisen voiman. Radassa ei siis tarvita magneetteja vaan ainoastaan käämejä. Liikkuva kelkka nousee radan päälle ja etenee ilman kitkaa.

Kun kelkka tai sukkula sijoitetaan putkeen, ei tarvitse huolehtia putken ulkopuolisen ympäristön häiriötekijöistä. Putki voidaan tyhjentää ilmasta siten, että vastus vähenee. Laite saadaan liikkeelle magneettien avulla ja magneettijarrutuksella suurin osa liike-energiasta saadaan talteen. Arvion mukaan tekniikalla voidaan saavuttaa lähes äänen nopeus, mutta moninkertaiseen äänen nopeuteen tähtääviäkin hankkeita on esitetty.

Lyhyitä koeratoja on valmiina ja pidempiä suunnitellaan. Teknologiaa kehittäviä yhtiöitä on useita ja hankkeista kiinnostuneita valtiollisia toimijoita monissa maissa. Kyse ei ole ainoastaan henkilöliikenteestä. Teknologian avulla nähdään esimerkiksi mahdolliseksi siirtää satamat ja terminaalit kaupunkien ranta-alueilta kauemmas.

Tavaraliikenteen ohella samankaltaisilla magneettikelkoilla tutkitaan lisäksi henkilöautojen siirtäminen kaupunkien alla. Nopeus tunnelissa, normaalissa ilmanpaineessa, voisi olla 200km/h.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Hyperloop on edennyt startup-rahoituksen turvin käytännön kokeiluihin. Tutkijayhteisöt ja aiheesta kiinnostuneet insinöörit ovat osallistuneet ideoiden ja simulaatioiden kehittelyyn hyvin laajasti. Suuret potentiaaliset käyttäjäorganisaatiot valtioista kaupunkeihin ja liikennepalveluita tarjoaviin yhtiöihin ovat osallistuneet rahoitukseen.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.49 Tyhjiösukkula. Raportin kirjoitusvaiheessa Elon Musk oli juuri julkaissut Hyperloopia kuvaavan tekstinsä, joka käynnisti kehityksen nykyisen nopean vaiheen. Tämän jälkeen perustettiin useita yrityksiä kehittämään käytönnön tuotteita. Näistä Hyperloop One on edennyt pisimmälle.

Lähes kilometrin mittaisella testiradalla on saavutettu 310km/h nopeus ja täyden nopeuden saavuttamisen Hyperloop One arvioi vaativat kahden kilometrin mittaisen testiradan. Yhtiö on tehnyt useita esisopimuksia kokeiluista ja käytännön toteutuksista mm. Dubain hallinnon kanssa. Yhtiö on sopinut strategisen liittouman Ted Bransonin Virgin -yhtiön kanssa ja on nyt yksi Virgin -yhtiöistä.

Elon Muskin yhtiöt ovat aktivoituneet tunneleiden kaivamisessa ja koeratoja on suunnitteilla sekä autojen nopeisiin kelkkakuljetuksiin kaupunkien läpi että Hyperloop-yhteyden toteuttamiseen amerikkkalaisten suurkaupunkien välillä.

Kiinnostavia lähteitä:

Avaruuden helpompi saavuttaminen (4.09) **

Teknologiakorin kohdealue: Avaruus on aina herättänyt ihmisessä uteliaisuutta. Avaruuteen on aluksi pyritty sen uteliaisuuden tyydyttämiseksi. Avaruuden tutkimus on myös tuottanut kyvyn mannertenvälisiin ohjuksiin, teflonin kaltaisiin materiaaleihin ja moniin muihin teknologisiin edistysaskeleisiin.

Avaruuteen pyrkimiselle on avautunut ja avautumassa monia välittömästi hyötyä tuottavia merkityksiä. Maata kiertävät satelliitit välittävät tietoliikennettä. Niistä voidaan seurata sekä asteroidien että komeettojen rataa ja mitata maanpinnan ja ilmakehän ilmiöitä. Painottomassa tilassa ja tyhjiössä voidaan valmistaa materiaalisia rakenteita, joiden valmistus maan pinnalla on joko mahdotonta tai olennaisesti vaikeampaa.

Lähiavaruudessa on paljon meteoriitteja, joista osa olisi mittaamattoman arvokkaita maan päälle saatuna niiden sisältämien harvinaisten metallien vuoksi. Avaruudessa voidaan tuottaa jatkuvasti aurinkoenergiaa ja turistikohteena se on huomattava elämysmatka. Avaruuden kautta, ilmakehä ylittämällä, voidaan myös matkustaa nopeasti paikasta toiseen.

Kehityksen yleiskuvaus: Avaruuteen pääsy on toistaiseksi vaatinut kolmivaiheraketteja, joissa tarvitaan suunnaton määrä polttoainetta kohtuullisen vähäisen hyötykuorman saamiseksi kiertoradalle tai ulkoavaruuteen. Rakettien suurimmat osat, kantoraketin vaiheet, on hylätty käytön jälkeen ja ne ovat tuhoutuneet maahan palatessaan. Merkittävä kehitystyö on viime aikoina kohdistunut siihen, että kantoraketit voi käyttää uudelleen. Rakettien laukaisualustoiksi on myös pyritty kehittämään ilmakehän yläosiin nousevia lentokoneita.

Satelliitteja kehitetään yhä pienempään ja kevyempään kokoon. Niiden mittoja on myös vakioitu, jotta eri kehittäjien satelliitit mahtuisivat tehokkaasti kuljetuspalveluita tarjoavien yritysten raketteihin. Satelliittien kulkuun avaruudessa on pyritty kehittämään uusia voimanlähteitä, kuten aurinkopurjeita ja kvanttitason ilmiöihin perustuvia moottoreita. Myös kantorakettien tehokkuutta on parannettu uusilla moottoriratkaisuilla.

Jo kauan on ajateltu, ettei raketti ole ainoa keino avaruuteen pääsemiseksi. Kiertoradalla oleva meteoriitti voisi toimia vastapainona, josta laskettu köysi voisi toimia hissinä. Hissi voisi ulottua geostationaariseltä radalta yläilmakehän rajalle tai maahan saakka. Materiaalitekniikka tuntee jo aineita, joilla riittävän lujan köyden teoriassa saa valmistettua, mutta toistaiseksi avaruushissejä suunnitellaan ainoastaan konseptitasolla.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Raketteja on toisesta maailmansodasta alkaen kehitetty sotilaallisiin tarkoituksiin. Avaruustutkimus on kaupallistunut tämän jälkeen kasvaneiden tietoliikennetarpeiden vuoksi ja Nasan päätettyä ulkoistaa osan omista tutkimustoiminnan tarvitsemista avaruusmatkoista kaupallisille alihankkijoille. Tämän vauhdittamana sekä aiemmat jättiyhtiöt että uudet riskirahoitetut yhtiöt ovat panostaneet avaruuden helpompaan saavutettavuuteen. Kaupalliset lyhyen ja pitkän tähtäimen hyödyt, avaruusintoilu ja akateeminen tutkimus ovat kaikki tärkeässä roolissa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.51 Cubesat-nanosatelliitit ja muu avaruuden helpompi saavuttaminen. Se sijoittui kolmanteen ryhmään. Nanosatelliiteille oli luotu standardi kaupallisten satelliittien lähetystoimintaan. Uusi kaupallinen toimija, Space X oli vuonna 2012 toimittanut ensimmäiset kuormansa kansainväliselle avaruusasemalle. Raportin jälkeen Space X ryhtyi testaamaan kantoraketin laskeutumista ja käyttää nyt lennoissaan samoja kantoraketteja uudelleen.

Useat muut asiat ovat edenneet. Rakettimoottoreita ja raketin hiilikuituisia runkoja on 3D-tulostettu. Ramjet- ja ionimoottoreita on testattu. Bransonin Virgin-yhtiöt on liittynyt avaruuskilpailuun. Useat toimijat suunnittelevat tuhansien tietoliikennesatelliittien laukaisua. Nanosatelliitteihin kehitetään WiFi-yhteyksiä. Avaruuden ja maan välille testataan myös THz-yhteyksiä. Lunar X-Prize -kilpailu etenee tavoitteena kaupallinen kuuhun laskeutuva robotti. Mullistava materiaton EM Drive on saanut tieteellistä vahvistusta, mutta ei kiistatonta todistusta. Konseptitasolla puhutaan puolen tunnin matka-ajoista maapallon eri puolille avaruuden kautta. Matkaa Marsiin suunnitellaan useilla tahoilla vakavasti.

Kiinnostavia lähteitä:

Kyberhyönteinen ja muu liikkumisen biomimetiikka (4.10) *

Teknologiakorin kohdealue: Eläimillä on paljon ominaisuuksia ja taitoja, joita ihmisen on hyödyllistä laitteisiinsa kopioida. Seiniä pitkin kiipeilevien liskojen tutkimus esimerkiksi johti repäisytarran keksimiseen. Hyönteiset, linnut ja lepakot lentävät kätevämmin ja vähemmällä energialla kuin ihmisen kehittämät laitteet. Muukin eläinten liike on matkimisen arvoista. Tähän koriin kuuluvat kaikki hyönteisten ja muiden eläiten liikettä matkivat koneet lukuun ottamatta ihmisen kaltaista kävelyä, joka on käsitelty toisessa ryhmässä.

Kehityksen yleiskuvaus: Hyönteiset ovat pieniä. Sen kokoisten koneiden käyttö on tavoiteltavaa vaikeasti kuljettavilla ahtailla onnettomuusalueilla tai seurattaessa kohteita, joita ei haluta häiritä. Käyttöalueita voi myös löytyä maanviljelyksestä, tutkimus-, valvonta-, vakoilu-, pelastus- ja sotilaskäytön lisäksi.

Kyberhyönteisen liikuttamiseen on tutkittu erilaisia magneeettisia ja pietsosähköisiä ilmiöitä ja muistimateriaaleja. Tavoitteena on, että mahdollisimman vähäinen energia saisi hyönteisen raajan tai siivet liikkeeseen. Lintujen ja lepakoiden kokoluokassa voidaan käyttää koneissa tavanomaisia moottoreita ja voimansiirtomekanismeja. Akkujen keventämiseksi on tutkittu energian keräämistä laitteen ympäristöstä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimuksen keskeisin motiivi on akateeminen. Kaupallinen intressi liikkumisen biomimetiikkaan on rajallinen ja koskee ennen kaikkea ihmisen kaltaista kävelyä, joka on kuvattu toisaalla. Koska eläinten liike on energiatehokasta ja ympäristöön sopivaa, voidaan olettaa motivaation kasvavan keinotekoisten lihasten kehittyessä, koska se toisi monet käytännön sovellukset kääden ulottuville.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.55 Kyberhyönteinen ja se sijoittui neljänteen ryhmään. Hyvin pienten robottien kehitys on edennyt, mutta vain hitaasti. Hyönteisen lento on ulotettu ilmasta veteen. Torakan kokoisia ja niiden tavoin liikkuvia joustavia matalien rakenteiden väleissä kulkevia robotteja on kehitetty. Lepakon tavoin lentävä robotti painaa 93 grammaa.

Kiinnostavia lähteitä:

1.4. Tavara- ja palvelutuotanto

Tavaratuotannossa merkittävin muutostrendi on joustavan robotisaation mahdollistama tehokas tuotannon hajautus. Tämä kehitys kilpailee tehostuvan logistiikan mahdollistaman keskittämisen kanssa. Perinteinen automaatio on ollut luonteeltaan jäykkää ja vaikeasti hajautettavaa. Automaatio on tyypillisesti kasvattanut suuruuden ekonomiaa ja alueellista erikoistumista sekä globaalia vaihdantaa. Robotisaation ja uusien tuotantomenetelmien merkittävä piirre on joustavuus. Joustavat tuotantolinjat voivat informaaatioteknologian avulla tuottaa lyhyitä sarjoja ja moninaisia tuotteita. Kehityksen ääripäässä 3D-tulostin tai kätevä robotti voi valmistaa hyvin suuren joukon erilaisia tuotteita jopa yksilöllisesti. Tämän kehityksen suurin vaikutus saattaa olla tuotannon hajautuminen yhä lähemmäksi markkinoita ja yksinkertaisten tuotteiden osalta jopa koteihin.
Palvelutuotannossa logistiikka on ollut tavaratuotantoakin merkittävämmässä roolissa aineettomia, esimerkiksi puhelinpalveluita lukuun ottamatta. Joko asiakas tai palveluntarjoaja on matkustanut toisensa luo. Virtuaalitodellisuuden avulla entistä suurempi osa palveluista on muuttumassa aineettomaksi. Robotisaatio mahdollistaa fyysisten palveluiden automatisoidun tuotannon. Täysin automatisoidun palvelun lisäksi robotisaatio mahdollistaa palvelun tarjoamisen etäläsnäolon avulla siten, että palveluntarjoaja tai asiakas kohtaa palvelutilanteen koneen välityksellä. Lumen auraus voi esimerkiksi tapahtua kauko-ohjattuna siten, että vain palvelun fyysisesti suorittava kone siirtyy asiakkaan luokse.

Tavaratuotannon ja palvelutuotannon murros vaikuttaa työtehtävien luonteeseen, työn sijaintiin ja tarpeeseen sekä osaamistarpeisiin. Robotisaation ja digitalisaation vaikutus työtehtäviin on seuraavien kahdenkymmenen vuoden aikana radikaali.

Herkät robottisormet ja -kädet (5.01) ***

Teknologiakorin kohdealue: Kädet sopivat ihmisen toistaiseksi keksimiä koneita paremmin tavaroiden ja aineiden yleiseen käyttöön, siirtoon ja yhdistelyyn. Tämä on ymmärrettävää, koska monet ihmisen tavarat ja laitteet on vartavasten tehty ihmisen käsiteltäväksi.

Yksi robotiikan keskeisistä pyrkimyksistä on käden toiminnallisuuden matkiminen koneellisesti. Tämän avulla kone kykenee käsittelemään ihmisen ympäristöä ja tavaroita. Ihmiselle robottikäsi tarjoaa sekä luonnollisen käyttöliittymän että tutun välineen asioiden kauko-ohjattuun käsittelyyn. Käden toiminnassa pehmeä kosketus ja tuntoaisti ovat hyvin olennaisia luonnollisen liikkeen lisäksi. Kätensä menettäneille robotisoidut proteesit ovat myös tärkeitä. Erityisen olennaista silloin on käden ohjauksen luonnollisuus.

Kehityksen yleiskuvaus: Robottien tartuntaelimet muistuttavat tavallisesti ihmisen mekaanisia työkaluja, kuten pihtejä, puristimia tai imukuppeja. Robottien siirtyessä tehtaista ihmisen ympäristöön kehitys on suuntautunut kohti yleiskäyttöisempiä ja herkempiä laitteita. Raa'an kananmunan nostaminen ehjänä on ollut tyypillinen testi, josta käsien tulisi selvitä.

Käsien voimansiirrossa käytetään edelleen perinteisiä mekatroniikan ja hydrauliikan ratkaisuja. Keinotekoiset lihakset eivät vielä ole lunastaneet lupauksiaan muutoin kuin erikoistapauksissa. Voimansiirrossa liikkeiden hienojakoisuus on tärkeä, kuten myös kyky säätää ja tuntea otteen voima.

Robottikäsien iho tai muu herkkä tuntoaisti erityisesti sormissa on olennainen. Ihminen ei ohjaa käsiään niinkään näön kuin lihaksista ja ihosta saadun palautteen avulla. Materiaalit ovat kehittyneet siten, että ihmisen sormea herkempi tunto on robottisormille ja proteeseille mahdollinen. Ihon pehmeys ja kestävyys ovat nekin olennaisia ja kehityksen kohteina.

Robottikäsiin saatetaan myös lisätä aisteja, joita ihmisellä ei luonnostaan ole. Esimerkiksi sormiin sijoitettavat mikrotutkat, kaikuluotaimet ja sähkömagneettiset sensorit saattavat olla avuksi monissa tehtävissä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimusmotiivi on suuri lääketieteessä, jossa synnynnäisesti kädettömille ja kätensä menettäneille kehitetään proteeseja. Akateeminen motiivi korostuu, kun proteeseja kytketään halvaantuneille tai kädettömille suoraan aivoihin.

Kaupallinen kehitys tuottaa melko kapea-alaisia ja ihmiseen verrattuna alkeellisia tartuntaelimiä teolliseen robotiikkaan, jossa suoritteet ovat toisteisia ja kohdistuvat normaalisti jatkuvasti yhdentyyppiseen tavaraan.

Monipuolisesti kädellisten robottien tai etiäisten markkinat eivät vielä ole laajasti avautuneet ja siksi kaupallinen ihmisen kaltaisen robottikäden kehitys on pitkäaikaisemman tavoitteen ja pioneerirahoituksen motivoimaa. Joukkorahoituksella ja harrasterobotiikalla on kehityksen tässä vaiheessa merkittävä rooli.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaava kohta on 2.54 Kävelevä kädellinen robotti, joka on jakautunut kahteen osaan. Robottikäsiä on monin uusin tavoin kehitetty proteeseiksi, joita kyetään ohjaamaan ajatuksilla tai yhdistämään käden hermoja niihin. Erillisten etätyössä käytettyjen robottikäsien tuntoaisti voidaan myös kytkeä ihmisen aistittavaksi. Robottikäsien kauko-ohjaukseen onkin kehitetty välineitä, jotka tunnistavat ihmisen käden asennon tarkasti ja välittävät robottisormien tuntoaistin ihmisen sormiin. Keinolihaksia on kokeiltu ja taipuisat materiaalit sormissa helpottavat tarttumista.

Keittiöön asennetuilla robottikäsillä on demonstroitu hyvin sujuvan näköistä ruoanvalmistusta muilta osin ihmisen käyttämin menetelmin ja välinein. Kädellisen kävelevän robotin on demonstroitu suorittavan yksinkertaisia kotitaloustehtäviä. Sujuva kävely ja näppärien käsien kehitys tapahtuvat erillisissä hankkeissa ja robotisaatio ei vielä ole riittävän kypsää rajapintojen osalta, että parhaiden ominaisuuksien yhdistely olisi ongelmatonta.

Kiinnostavia lähteitä:

Tavaroiden 3D-tulostus (5.02) ****

Teknologiakorin kohdealue: Tavaroiden valmistustarvetta ei ole tarpeen selittää. Ominaisuudet määräytyvät materiaaleista ja valmistukseen liittyvistä prosesseista ja työkaluista. Koneet sulattavat ja puristavat aineita muottiin, työstävät kappaleista osia, liittävät kappaleita toisiinsa ja pinnoittavat niitä. Teolliset rakenteet ovat monimutkaisia. Tehtaat voivat erikoistua materiaaleihin, niistä tehtäviin komponentteihin, kokoonpanoon tai viimeistelyyn ja sekä alihankintaketjut että jakeluketjut voivat olla pitkiä.

Tavaroiden 3D-valmistuksen tavoitteena on tuottaa kappaleita suoraan tietokonemallin perusteella ilman muottia. Tavoitteena on myös tuottaa muotoja ja rakenteita, jotka muilla tavoin tehtynä vaativat kokoonpanoa tai

ovat olleet epäkäytännöllisen vaikeita. Menetelmä voi olennaisesti lyhentää sekä alihankinta- että jakeluketjuja ja pienentää varastoja.

Kehityksen yleiskuvaus: 3D-tulostuksen tärkeimmät periaatteet on tunnettu melko hyvin jo yli 20 vuotta. Helpoimpien tekniikoiden patentointi ja pioneeriyritysten heikkous jarruttivat kehitystä2010-luvun alkuun saakka. Kehitys on vauhdittunut vasta tärkeimpien patenttien rauettua. Suurimmat 3D-tulostuksen tekniikat ovat muovipursotus, nestemäisten valokovettuvien hartsien kiinnitys valolla, jauhemaisten materiaalien yhteensulatus kohdistetuilla laser- tai elektronisäteillä ja jauhemaisten materiaalien liimaaminen ja mahdollinen yhteensulatus lämmöllä.

Pursotustekniikassa suunta on kohti yhä moninaisempia termoplastisia muoveja ja muovien komposiitteja, yhä edullisempia tai tarkempia laitteita ja esimerkiksi hiilikuitujen, ruoan, keramiikan tai biomateriaalien pursotusta. Uudet laitteet kykenevät tulostamaan useita eri materiaaleja samaan kappaleeseen ja seostamaan niitä.

Valokovettuvissa hartseissa on kehitetty materiaalien laatua, tulostusnopeutta ja tarkkuutta. Tekniikka on tarkkaa, mutta materiaaliset ominaisuudet vaativia kehittää ja raaka-aineet arvokkaita tavallisiin muoveihin verrattuna. Tavallisin tekniikka sallii ainoastaan yhden materiaalin käytön, mutta markkinoilla on myös laitteita, joissa neste suihkutetaan kiinnityksen yhteydessä. Niillä voi samaan kappaleeseen kiinnittää useita erilaisia valokovettuvia hartseja.

Jauhelaitteissa materiaalit voivat olla muoveja, metalleja tai komposiitteja. Jauhelaitteet ovat edellä kuvattuja laitteita teknisesti monimutkaisempia ja lähtöhinnoiltaan arvokkaampia. Ammattikäyttöön tarkoitetut laitteet maksavat tyypillisesti useita satoja tuhansia euroja. Muovilaitteet ovat metallilaitteita edullisempia keskimäärin huomattavasti nopeampia.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Teknologiaa kehittävät sekä harrastelijat, joukkorahoitetut ja sijoittajien rahoittamat startupit että suuret pörssiyhtiöt. Kehitysmotiivina on alan odotettu nopea kasvu, asiakaskysyntä ja merkittävät teknologiset kehitysmahdollisuudet. Akateeminen tutkimus on merkityksellistä biomateriaalien, optiikan ja hienomekaniikan tulostuksessa sekä metallitekniikoiden kehityksessä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Vastaava kohta edellisessä raportissa oli 2.56 Tavaroiden 3D-tulostus ja se oli korkeimmmassa ryhmässä. 3D-tulostimien määrä ja alan liikevaihto ovat moninkertaistuneet sen jälkeen.

Hewlett-Packard ja useat muut hyvin rahoitetut toimijat ovat astuneet markkinoille. Uudet tulostusmenetelmät ovat sekä radikaalisti aiempia nopeampia että tarkempia. Erilaiten materiaaliominaisuuksien yhdistely samaan tulosteeseen onnistuu nyt useilla uusilla menetelmillä. Valmistettujen tavaroiden laatu on aiempaa olennaisesti parempi.

Lentokoneteollisuus on ottamassa 3D-tulostusta tuotantomenetelmäkseen, Airbus on lennättänyt täysin 3D-tulostetun pienkoneen. Adidas ryhtyy 3D-tulostamaan kenkien sisäpohjia ja Michelin kokeilee ilmattomien renkaiden 3D-tulostusta. Local Motors tuo ensimmäisen 3D-tulostetun auton markkinoille. Hyvälaatuista optiikkaa on onnistuttu 3D-tulostamaan. Markkinan ennustetaan edelleen moninkertaistuvan.

Kiinnostavia lähteitä:

Rakennusten ja rakenteiden 3D-tulostus (5.03) **

Teknologiakorin kohdealue: Betonirakentaminen tapahtuu tavallisimmin siten, että valmistetaan laudoista tai levyistä muotti, raudoitetaan se sisäpuolelta ja valetaan muotti täyteen betonia, jonka jälkeen se kuivuessaan kiinteytyy. Runkorakenne voidaan myös saada aikaan liittämällä toisiinsa valmiita elementtejä, muuraamalla tiiliä kiinni toisiinsa tai kiinnittämällä harkko-, puu- tai teräsrakenteita kullekin materiaalille sopivin tavoin.

Rakentamista voidaan tehostaa 3D-tulostuksen ja robotisaation keinoin. Näillä uusilla tavoilla voidaan samanaikaisesti saavuttaa yksilöllisyys, muotojen moninaisuus ja taloudellisesti tehokas valmistus. Tähän koriin kuuluu kaikki robotisoitu, yksilöllisen rakentamisen mahdollistava tekniikka.

Kehityksen yleiskuvaus: Rakennusteknisesti betonin 3D-tulostuksessa on kyse liukuvalusta. Betoni valetaan ilman kiinteää muottia. Betoniin seostetaan kiihdytinaineita pursotusvaiheessa, jolloin se jäykistyy kerroksittain ennen seuraavan kerroksen valamista. Kehityshaasteet liittyvät raudoitukseen, eristeisiin ja pintojen laatuun sekä prosessin herkkyyteen käytettyjen hiekkojen raekoon ja kosteuden suhteen.

Kantamattomia seiniä voidaan tulostaa esimerkiksi kipsistä 3D-tulostimilla tai tuottaa tiiliverhoilu robottimuurarilla. Jälkimmäiset ovat kehittelyvaiheessa, kuten myös teräsrakenteita mallin mukaan hitsaavat robotit.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Rakentamisen robotisointiin liittyvä kehitys on melko harvojen ja pienimuotoisesti rahoitettujen yritysten tai tutkimusyksikköjen käsissä. Rakennusala on hyvin konservatiivinen ja menettelytavat uudistuvat hitaasti. Kehityksen motiivi liittyy uuden teknologian esteettisiin ja taloudellisiin mahdollisuuksiin ja odotuksiin teknologian kypsymisestä rakennusteollisuuden käyttöön.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta oli 2.57 Rakennusten 3D-tulostus. Kehitys oli tuolloin tutkimuksellista ja akateemisesti virittynyttä. Sen jälkeen kehittäjien määrä on lisääntynyt ja toiminta laajentunut osittain kaupallisten yritysten ja startup-rahoituksen varaan.

Winsun Kiinassa on 3D-tulostanut kerrostalon elementit betonista. Suomalainen Fimatec on julkaisssut ensimmäisen seinäelementtien 3D-tulostimen, joka kykenee betonisen ulkoseinän ja sisäseinän lisäksi lisäämään seinään automaattisesti betoniraudoituksen ja lämpöeristeen. Huoneen veistoksellinen interiööri on 3D-tulostettu. Dubaissa on tulostettu pientoimistoja. Venäjällä on tulostettu pyöreä talo. Tukemattomia teräsrakenteita on tulostettu. Tiiliä muuraavia robotteja on esitelty. Kattotuolien robottivalmistus on aloitettu.

Kiinnostavia lähteitä:

Itseorganisoituva kokoonpano / parviäly ja itsekorjaavat prosessit (5.05)

Teknologiakorin kohdealue: Elollinen maailma koostuu itseorganisoituvista rakenteista. Meidän solumme tunnistavat ympäristön, jossa ovat ja toimivat sen mukaan. Näin tekevät myös elimet, eliöt ja yhteisöt. Jokainen kerros sisältää oman autonomiansa ja itsekorjaavan homeostaasinsa. Jokaisessa kerroksessa yhteistyö synnyttää emergentillä tavalla kokonaisuuden. Kukaan ei esimerkiksi määrää tai kokoa hermosoluja aivoiksi, mutta ryhmänä niistä syntyy aivot. Tällaisten emergenttien rakenteiden suunnittelu on haastavaa, jossa kokonaisuus syntyy yksinkertaisempien osien toiminnan summana.

Evoluutiolla on ollut satoja miljoonia vuosia emergenttien, kerroksellisten rakenteiden kehittämiseen. Parviäly on voimakas konsepti ja sen avulla voidaan saada aikaan vikasietoisuutta, itsekorjaavuutta ja sopeutuvuutta vaihteleviin tilanteisiin. Korjaamisen sijaan puhuttaisiin paranemisesta teknisissäkin järjestelmissä sekä sopeutumisesta tai kasvamisesta rakentamisen tai uudelleenohjelmoinnin sijaan. Tämä kori kattaa itseorganisoinnin ja itsekorjaavuuden kaikissa syntyvissä parviälymäisissä rakenteissa ja on siksi varsin abstrakti.

Kehityksen yleiskuvaus: Itseorganisoituvuuden ja parviälyn tutkimus on insinööritieteissä ja organisaatiotieteissä varsin nuorta. Luonnontieteissä tutkimus juontaa juurensa Darwiniin. Tietotekniikassa ensimmäinen yleinen

itseorganisoituvuuden käsite oli ”plug & play”, ja ajatus on sen jälkeen yleistynyt.

Monet laitteet kykenevät tunnistamaan ympäristönsä ja mukautumaan siihen. Laitteet kykenevät myös havaitsemaan omia ohjelmistollisia vikojaan ja korjaamaan niitä sekä torjumaan viruksia, tasapainottamaan itseään tai olosuhteita.

Fyysinen itsekorjaavuus on toistaiseksi teknisissä järjestelmissä harvinaista, kuten myös biologialle ominainen itsenäinen ryhmittyminen synnyttämään emergentisti kokonaisuutta, josta ei ole valmista mallia.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Emergenssin, kerroksellisen homeostasin ja parviälyn tutkimus on toistaiseksi pääosin akateemisesti motivoitunutta. Osa yrityksistä ja alustatalouden kehittäjät tutkivat asiaa markkinoinnin kontekstissa, mutta rakentamisen, kokoonpanon ja kunnossapidon kontekstissa näin ei toistaiseksi tapahdu.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Aihe on uusi ja otettu listalle tutkimusintressin voimistumisen ja robotiikan miniatyrisoinnin vuoksi. Tuoreita tutkimuksellisia kokeita parviälystä on julkaistu keräilyn, kartoituksen, kokoonpanon ja organisoitumisen piirissä. Varastorobotit esimerkiksi keräilevät tuotteita ja avustavat toisiaan. Modulaariset robotit muotoutuvat halutunkaltaisiin kokoonpanoihin. Robotin päätyvät yhteisiin kantoihin kokonaisuudesta ja rakentavat kokonaisuuksia. Robotteihin on myös kehitetty itsekorjaavia kykyjä. Itseorganisoituvuudeksi voidaan myös hyvällä tahdolla laskea urbaanissa ympäristössä roskistentyhjennysrobotit ja moduuliasuminen, jossa asunto voidaan helposti siirtää toiseen paikkaan. Konkreettiset käytännön esimerkit etenemisestä ovat vielä vähäisiä.

Kiinnostavia lähteitä:

Ubiikki ympäristö, tavaroiden internet ja IoT (5.06)

Teknologiakorin kohdealue: Autossa siirrämme penkin meille sopivampaan asentoon. Rikkoontuneista tavaroista haemme ehkä takuulappua tai tietoa siitä, mistä sen ostimme. Tavaroihin liittyy hyvin paljon säätämistä ja muistamista.

Tietotekniikan lisääntyessä laitteemme ja tavaramme voivat muuttua nykyistä älykkäämmiksi siten, että penkki tunnistaa meidät ja säätyy automaattisesti meille mieluisaan asentoon tai tavara etsii itse tietokannoistaan meidän

tarvitsemamme tiedot. Ubiikki-sana kuvaa sellaista ympäristöä, joka tietoteknisin keinoin automaattisesti sopeutuu meidän tarpeisiimme.

IoT ja tavaroiden internet ovat yllä kuvatun asian internet-sidonnaisia käsitteitä. Koriin kuuluvat vuorovaikutteisella tavalla älykkäät tilat ja tavarat. Koriin kuuluvat myös sellaiset palvelut, jotka hoitavat älykkään yksilöllisellä tavalla vuorovaikutuksen tavaran puolesta, kun tavaran identiteetti on tiedossa. Tällaisia tavaroita voi pitää virtuaalisesti älykkäinä, vaikka niissä itsessään ei varsinaista älyä tai tietoliikennekykyä olisi.

Kehityksen yleiskuvaus: Termostaattia voidaan pitää yhtenä älykkään ympäristön ensiaskeleista. Kun termostaattiin ja ilmanvaihtoon lisätään läsnäolotunnistin, ollaan jo selkeämmin ubiikin ympäristön asteella. Toiminnallisesti yksinkertaisimpia ovat läsnäolon mukaan syttyvät ja sammuvat valaisimet tai liukuportaat. Rakennusautomaatio on lisääntynyt vähitellen erityisesti uudisrakennuksissa.

Tavaroihin liitetään nykyään koodeja, joiden avulla älypuhelin voi näyttää tavaran tietoja. Logistiikkaa varten pakkauksiin lisätyt merkinnät ovat yksilöllisiä ja pakkauksen historiaa, sijaintia ja määränpäätä koskevat tiedot selviävät niiden avulla tietojärjestelmistä. Moniin tavaroihin on lisätty yksilöllinen merkintä hyvin varhain. Auto on tutuin esimerkki setelien lisäksi. Käytäntö on yleistymässä jopa tavallisiin kauppatavaroihin. Yksilölliset merkinnät ovat toistaiseksi pääosin tavaralajikohtaisia ja niihin liittyvä tieto hajanaisesti eri sovellusten ja päätelaitteiden tavoitettavissa.

Tietotekniikan miniatyrisointi ja älypuhelinten yleistyminen ovat tehneet käytännölliseksi älykkyyden lisäämisen suoraan yhä yksinkertaisempiin laitteisiin. Lasten lelut ja katuvalot tunnistavat läsnäolon, renkaat osaavat kertoa ilmanpaineensa, rakennuspalkit voivat kertoa rasituksesta tai seinät niihin päässeestä kosteudesta.

Internetin tai älypuhelimen kanssa keskustelevan tavaroihin upotettavan pienen IoT-tietokoneen saa muutamalla eurolla. Monet sensorit ovat vielä halvempia. Pienen näytön tai sähkömoottorin saa muutamalla eurolla. Sarjavalmisteissa hinnat laskevat tästä olennaisesti. Toiminnallisuutta saadaan siis aikaan erittäin edullisesti. Tämä näkyy ubiikin ympäristön lisääntymisenä. Roskalaatikot ilmoittavat täyttymisestään, hammasharjat käytön puutteesta ja hoivakodin asunnot vanhusten kaatumisista tai muista epätavallisista ilmiöistä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Akateeminen motiivi tämän alueen kehitykseen on verrattain vähäinen lukuun ottamatta miniatyrisointia. Elektroniikkateollisuuden piirissä kehitystä tapahtuu jatkuvasti asiakaskysynnän motivoimana ja uusien tuotealueiden toivossa. Uuden liiketoimintamallin motivoi myös joukkorahoitettuja sekä sijoittajien rahoittamia startup-yrityksiä. Palveluyritysten ja kaupan IoT-kehitysinvestoinnit ovat kasvussa asiakastiedon keräämisen sekä logistiikkatarpeiden vuoksi.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä on uusi kori ja perustettu, koska älykäs ympäristö astuu älypuhelinten ja AR-lasien lisääntyessä yhä aktiivisempaan rooliin. Uutena kehityksenä mainittakoon Arduino-ohjainten hinnan lasku alle 10 euron, uusien liikkujat tunnistavien katuvalojen käyttöönotto urbaanissa ympäristössä, IoT-keskustelun voimakas laajentuminen ja hankkeet tavaran yksilöllisten tunnisteiden vakioinniksi ja pilvipalveluiksi ihmisen ja tavaran sekä tavaroiden ja laitteiden välisessä vuorovaikutuksessa. Useat uudet teknologiat, kuten NFC mahdollistavat yksinkertaisen vuorovaikutuksen lähiympäristön laitteiden kanssa.

Kiinnostavia lähteitä:

Uudet robotisoidut palvelut (5.07)

Teknologiakorin kohdealue: Me ihmiset palvelemme toisiamme sekä työksemme että sosiaalisista syistä. Tarvitsemme palveluita joko kiireen tai toiminnallisten puutteiden vuoksi ja usein erikoistumisen tuoma asiantuntemus on tärkeää. Kaupan ja palveluiden toiminta on vähitellen siirtynyt itsepalvelun suuntaan. Me keräämme itse tavarat kaupasta ja täytämme lomakkeet. Elävän musiikin sijaan kuuntelemme tallenteita. Monet aiemmat palvelut ovat muuttuneet teollisiksi massatuotteiksi, joista etsimme itsellemme sopivat.

Robotisaatio lupaa kääntää suunnan itsepalveluista sekä robotisoituihin että robottivälitteisiin ihmisläheisiin palveluihin. Itsepalvelun sijaan robotti ehtii ja osaa auttaa meitä yksilöllisesti. Täysin robotisoidun palvelun rinnalla robotit voivat toimia etiäisinä. Toisen ihmisen tarjoama palvelu voidaan robotin avulla tuoda meidän lähellemme ilman, että tämän tarvitsee käyttää aikaansa matkustamiseen.

Kehityksen yleiskuvaus: Etäpalvelut ovat aiemmin tarkoittaneet puhelinpalveluita tai sähköpostia ja itsepalvelua internetin lomakkeiden avulla. Kuvapuhelut ovat vähitellen yleistymässä terveydenhuollon palveluissa ja monissa nettipalveluissa on mahdollista keskustella palveluhenkilöiden ja raportissa toisaalla kuvattujen verbottien ja chatbottien kanssa.

Etäläsnäoloon kehitetyt etiäisrobotit ovat tuore lisä etäpalveluihin erityisesti laitosympäristössä ja vanhusten kotihoidossa. Lääkäri tai hoitaja voi robotin kameran välityksellä nähdä potilaan tai vanhuksen. Robotti siirtyy kauko-ohjauksella hoidettavan ihmisen luo. Keskustelun lisäksi robotti voi suorittaa yksinkertaisia mittauksia.

Etäläsnäolon keinoin tai tekoälyn avulla voidaan suorittaa moninaisia ympäristönhoidollisia tai siivoukseen liittyviä tehtäviä. Robotit kykenevät myös auttamaan lukuisissa muissa tavaroiden siirtoon ja materian käsittelyyn liittyvissä tehtävissä ja toisaalla raportissa käsitellyissä kuljetustehtävissä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Yksinkertaisimmat palvelurobotit ovat siirtyneet markkinoille. Kehitysmotiivi on selkeästi asiakasodotuksiin ja kilpailuun liittyvä. Kehitystä motivoi roboteille uusissa tuote- ja palvelukategorioissa sijoittajien rahoittamien startup-yritysten tai suuryritysten robotiikkkayksiköiden pyrkimys uusiin liiketoimintamalleihin. Akateemisen tutkimuksen rooli robottien yleisten kykyjen kehittämisessä on merkittävä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä on uusi kori ja syntynyt palvelurobotiikan ennakoidun voimakkaan markkinakasvun vuoksi. Tuotannollisen robotiikan eroa palvelurobotiikkaan voi tulevaisuudessa olla vaikea tehdä, koska tavaran valmistaminen on ainakin osin palaamassa teollisuudelta palvelusektorin tehtäväksi.

Robotiikan saralla on viime aikoina tutkittu itsensä kokoavia robotteja, jätteidenlajittelurobotteja, kerrosparkkirobotteja, robottikokkeja, tarjoilijarobotteja ja lukuisia muita palveluihin ja valmistukseen liittyviä robotteja. Japanilainen täysin robotisoitu hotelli suunnittelee laajentuvansa sataan uuteen kohteeseen.

Robottikokki valmistaa sata eri ruokalajia, myyntihinnaksi kaavailtu 75 tuhatta euroa. Sisäkirurginen operaatio on 60% robotisoitu ja verinäytteen otto on kokonaan robotisoitavissa. Lääketieteellinen ultra kyetään suorittamaan etänä robotin välityksellä. Kotitalousrobottien prototyypit osaavat liikkua ja siirrellä astioita ja muita tavaroita sekä pelata pelejä.

Kiinnostavia lähteitä:

Uudet tavaran/aineen manipulointitavat (5.08)

Teknologiakorin kohdealue: Tavaroita siirretään tavaraliikenteen keinoin, jotka kuuluvat tämän korin ulkopuolelle, sekä teollisen kokoonpanon keinoin mekaanisilla nostolaitteilla, liukuhihnoilla ja ihmistyönä. Tähän koriin kuuluvat uudet kokoonpanoon ja siihen liittyvään siirtämiseen kehitetyt menetelmät.

Kehityksen yleiskuvaus: Teollisessa valmistuksessa ja logistiikassa on pyritty suuruuden ekonomiaan ja toisteisen työn eräkokojen kasvattamiseen. Kokoonpantava tavara on edennyt liukuhihnalla, jossa sitä on työstetty tai siihen on monissa eri vaiheissa liitetty toisia osia tai muuta materiaa kuhunkin vaiheeseen erikoistuneella ja sitä työvaihetta toistavalla ohjelmoitavalla tai kiinteällä automaatilla.

Robotisaation kehittyessä on ryhdytty puhumaan joustavista tuotantolinjoista, joissa tuotantosuunnan vaihtaminen on mahdollista ja tuotteisiin saatetaan jopa saada yksilöllisyyttä. Kyse on tyypillisesti kuitenkin ollut tavaran liukuhihnamaisesta etenemisestä. Liukuhihnan on monissa tapauksissa korvannut nostolaite, esimerkiksi palkkinosturi, jolla kappaletta on voitu siirtää työvaiheesta toiseen.

Robottien liikkuminen mahdollistaa kokoonpantavien tavaroiden pysymisen paikallaan robottien siirtyessä. Toisaalta komponenttien siirtäminen lentävillä tai muutoin liikkuvilla roboteilla on kehitteillä erityisesti rakennustekniikassa, mutta kokeilussa laajemminkin. Varastologistiikassa kuormien kokoamisessa pakkauksia ja tavaroita siirtelevät robotit ovat jo nykypäivää suurvarastoissa ja alkavat yleistyä pienemmissäkin erikoisliikkeissä, kuten apteekeissa.

Tavaroiden siirtoalustoja kehitetään magnetismiin, ääniaaltoihin, sähkömekaniikkaan ja hydrauliikkaan perustuen. Tavoitteena on saada aikaan geneerisyyttä ja joustavuutta. Tavaroita siirretään kokoonpanopaikalle myös entistä enemmän rakenteina, jotka avautuvat käyttökuntoonsa vähällä työllä. Tässä pyritään minimoimaan sekä kuljetuksen vaatima tila että kohteessa vaadittu kokoonpanotyö.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Teollisen robotiikan joustavuuden kehittäminen tapahtuu yritysten toimesta, kuten myös varastologistiikan kehitys. Alue on kilpailtu ja kehitysmotiivi kaupallinen. Robottien monipuolisempi liikkuminen, parvissa tapahtuva ja lentoon perustuva toiminta kehittyvät riskisijoittajien rahoittamissa startup-yrityksissä. Uusiin tekniikoihin perustuvat manipulointitavat ovat akateemisen tutkimuksen varassa, jossa panostetaan erityisesti miniatyrisointiin ja nanomittakaavaan.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä on uusi aihe. Edellisen raportin jälkeen KoneCranes on julkaissut Agilon -varastorobotin, jolle voi antaa tavaroita varastoitavaksi tai pyytää varastosta tavaroita. ABB on julkaissut Yumi-tuotantorobotin, joka kykenee siirtämään, yhdistelemään ja käsittelemään tavaroita samalla varoen lähistöllä olevia ihmisiä.

Kiinassa on rakennettu 30 kerroksinen talo 15 päivässä muuttokuntoon perustuen tehtaassa tehtyyn esivalmisteluun. Parviälykkäät nelikopterit ovat rakentaneet köysisillan. Pieniä komponentteja on siirretty vetosäteellä ja ääniaalloilla sekä magneettisesti. Magneettisessa siirrossa on saavutettu erittäin suuria tarkkuuksia.

Kiinnostavia lähteitä:

Robottiräätäli (5.09) *

Teknologiakorin kohdealue: Vaatteiden ompeluun liittyy runsaasti nykyään halpatyömaissa teetettyä käsityötä. Vaatteet tehdään käsityöstä huolimatta sarjavalmistuksena vaatekauppoihin ja verkkokauppoihin, joista asiakkaat vaatteensa hankkivat. Asusteiden hankinta mittatilauksena on useimmiten kallis ja useita sovituskertoja vaativa palvelu.

Kehon tarkka 3D-mittaus ja mallinnus sekä vaatteiden tuottaminen täysin automaattisesti ja yksilöllisesti näyttävät robotisaation edetessä tavoitettavissa olevalta kehitykseltä. Tähän koriin kuuluvat sekä kehon 3D-mittaus, vaatteiden leikkausten yksilöllinen suunnittelu ja koneellinen tuotanto.

Kehityksen yleiskuvaus: Kaavaillusta robottiräätälin toimintatavasta on toistaiseksi toteutunut vasta ihmiskehon kuvantaminen eli mittaaminen automaattisesti. Sovituskopit, jotka mittaavat ja tekevät ihmisestä 3D-mallin vaatteiden valmistusta varten, ovat tulossa markkinoille.

Yksilöllisiä asusteita on mahdollista tulostaa keinokuiduista 3D-tulostimilla, mutta menetelmä on hidas ja kallis. Yksilöllisiä kaksiulotteisia neuleita voidaan tuottaa edullisillakin koneilla ja suuria sarjoja riittävän yksinkertaisia vaatekappaleita voidaan tuottaa täysin koneellisesti.

Roboteille on osoittautunut hyvin haastavaksi hahmottaa kangas sen eri muodoissa ja käsitellä kangasta sujuvasti ompelemisen vaatimalla tavalla. Tekoälykehitys ja robottikäsien kehitys helpottavat tämän ongelman ratkaisemista, mutta toistaiseksi kehityksen haasteet ovat ylittäneet ratkaisuyritykset yksinkertaisia vaatekappaleita lukuun ottamatta.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Ihmisen kehon mallintamiseen on monia eri syitä. Kaupalliset ja akateemiset motiivit ovat voimakkaat ja laajat. Vaatesuunnittelun tietokonemallinnus tapahtuu pääosin vaateteollisuuden kaupallisten motiivien ajamana. Koneräätälien kehitys etenee kaupallisesti motivoituna vaateteollisuuden etujen mukaan eikä yksilöllinen vaatetus ole toistaiseksi sellainen kilpailtu alue, jonka vaateteollisuus kokisi omakseen.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.62 Robottiräätäli ja se sijoittui neljänteen ryhmään. Kehon tarkka mittaus on raportin jälkeen edennyt teknisesti rutiinimaiselle tasolle ja siihen on valmiita tuotteita. Asusteiden 3D-mallinnus on saavuttanut rutiinimaisen tason.

Vaatteiden robottivalmistus on edennyt. Kiinalainen yritys on ilmoittanut perustavansa Yhdysvaltoihin 21 täysin automatisoitua tuotantolinjaa, joista kukin valmistaa miljoona T-paitaa vuodessa. Robottilinja kykenee tuottamaan myös farmarihousut pääosin valmiiksi, mutta käsityövaiheita jää tehtäväksi. Objet 3D-tulostimella tuotettuja yksilöllisiä asusteita on esitelty muotinäytöksissä. Digitaalisten tasokutomakoneiden hinnat ovat laskeneet.

Kiinnostavia lähteitä:

1.5. Materiaaliteknologia

Nanoteknologian kehitys on tutkimustasolla nopeaa. Nanomateriaalit ovat edenneet markkinoille erilaisina pinnoitteina, joiden avulla pinnat saadaan kitkattomiksi, likaa hylkiviksi tai elektronisesti ja optisesti aktiivisiksi. Monia nanomateriaaleja on myös opittu tuottamaan kolmiulotteisina rakenteina ja riittävän kustannustehokkaasti, jolloin käyttöalueet laajenevat mekaanista kestävyyttä tai muita erityisominaisuuksia vaativiin kohteisiin. Nanomateriaaleja käytetään myös komposiitteina.
Uudet materiaalit vaikuttavat olennaisesti tulevaisuudessa elektroniikkaan, optiikkaan, sähkömekaniikkaan ja muuhun mekaniikkaan, rakentamiseen, kemiallisiin ja biologisiin prosesseihin sekä hyvin moniin tuoteominaisuuksiin. Materiaaliteknologian suuri muutos aiheuttaa teollisuudelle tarpeen sekä muuttaa prosessejaan, tuotesuunnitteluaan että tuotteiden ominaisuuksia. Kyse on ennakkoarvion mukaan yhtä suuresta muutoksesta tavaratuotannossa kuin raudan tai muovien yleistyessä.

Kitkattomat pinnat ja levitaatio (6.01) *

Teknologiakorin kohdealue: Kitka on este liikkumiselle. Kitkaa esiintyy materiaalien liukuessa tai pyöriessä toisiaan vasten olivatpa materiaalit kiinteitä, nestemäisiä tai kaasuja. Kitka johtuu atomi- ja kvanttitason ilmiöistä ja sen voittamiseen kuluva energia muuttuu tavallisesti lämmöksi.

Kitkaa voidaan vähentää monin eri tavoin. Pyörien ja laakereiden parantaminen, veneiden, autojen, kiskojen, tuulimyllyjen, suksien ja lentokoneiden vähäisempi vastus ovat kaikki esimerkkkejä kitkan vähentämisen hyödyistä.

Kehityksen yleiskuvaus: Pyörimisessä kitka syntyy osin pintojen kosketuksesta ja muodonmuutoksista voimien kohdistuessa eri pintoihin.

Ilman ja nesteiden vastus johtuu osittain siitä, että liikkuva kappale joutuu syrjäyttämään ne ja osittain pintailmiöistä, kuten myös kiinteiden kappaleiden liukuessa toisiaan vasten puristuneina.

Muodonmuutoksesta johtuvaa energiahäviötä voidaan vähentää jäykistämällä materiaaleja tai parantamalla materiaalien kimmoisuutta ja ottamalla talteen muodonmuutoksen energiaa. Kaasujen ja veden syrjäyttämiseen kuluvaa energiaa voidaan vähentää muuttamalla kappaleen muotoja siten, että se synnyttää mahdollisimman vähäenergistä värähtelyä. Pintojen kosketukseen liittyvää kitkaa voidaan vähentää valitsemalla ja muotoilemalla pintamateriaalit oikealla tavalla.

Kvanttitason ilmiöiden vuoksi tietyt pintamateriaalien nanomittakaavan muodot aiheuttavat hylkimistä ja vähentävät kitkaa. Pintarakenteet voivat myös pidättää pinnassa kaasuja tai muita aineita, jotka edistävät liukumista. Kitkaa voidaan myös vähentää magneettisen ja kvanttitason levitaation avulla.

Käytännössä kehitys jakautuu muutamiin selkeisiin haaroihin. Kappaleille haetaan aerodynaamisia muotoja. Materiaalitekniikan avulla etsitään liukkaita pintoja ja liukasteita. Materiaalitekniikan avulla etsitään muodon muutosten kineettisen energian talteenottoa. Magneettista levitaatiota ja sen energiatehokkuutta tutkitaan.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kitkan voittamiseen eri tavoin on sekä voimakas akateeminen että kaupallinen kehitysmotiivi. Tutkimus on jatkuvaa kaikilla osa-alueilla.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaavat kohdat ovat 2.50 Suprajohteen magneettinen lukinta ja muu levitaatio sekä 2.79 Nanotasolla levitoivat materiaalit, jotka sijoittuivat kumpikin neljännelle tasolle. Suprajohteiden avulla aikaansaatuun magneettiseen lukintaan perustuva levitaation ei ole merkittävästi kehittynyt. Kupraateilla on kyllä aikaansaatu suprajohtavuus huoneenlämmössä, mutta sillä ei vielä ole käytännön sovelluksia.

Kestomagneetteihin perustuva levitaatio on edennyt merkittävästi. Halbach array -tekniikkaa on sovellettu menestyksellisesti Hyperloop-koeradoilla ja siitä kehitetään variaatioita myös teolliseen valmistukseen. Kitkattomissa pinnoissa on tapahtunut merkittävää kehitystä nanotason ilmiöiden paremman ymmärryksen ja simulointimallien avulla. Grafeenin ja nanotimanttien kitka on havaittu erittäin pieneksi.

Kiinnostavia lähteitä:

Kevyet lujat tai eristävät materiaalit (6.02) ***

Teknologiakorin kohdealue: Me tarvitsemme sekä kantavia että eristäviä rakenteita moniin tarkoituksiin. Rakenteen paino riippuu materiaalin geometriasta, lujudesta ja eristävyydestä, jotka kaikki vaikuttavat materiaalin tarpeeseen ja toki raaka-aineen painosta. Painolla on erityksen suuri merkitys lentävissä laitteissa, mutta myös korkeissa rakennuksissa ja pitkissä silloissa. Painolla ja koolla on suuri merkitys myös siirrettävissä laitteissa ja kulkuvälineissä sekä maa- että vesiliikenteessä.

Eristeiden paksuus ja rakenteiden kantavuus on merkityksellinen kysymys lähes kaikissa koneissa ja rakennetussa ympäristössä. Eristeistä puhuttaessa on huomattava, että puhumme useista erilaisista eristeistä. Kyse voi esimerkiksi olla lämmön, sähkön, kosteuden tai kaasujen eristämisestä. Näitä kaikkia tarvitaan usein.

Kehityksen yleiskuvaus: Aerogeelit ovat kevyimpiä tunnettuja lujia materiaaleja. Ne saattavat jopa olla ilmaa kevyempiä. Aerogeelien valmistustekniikat ovat kehittyneet. Niiden on huomattu olevan erinomaisia lämmön ja äänen eristeitä jopa kertaluokkaa perinteisiä eristeitä ohuempina kerroksina.

Kevyet lujat materiaalit mahdollistavat aiempaa energiatehokkaampia lentäviä tai kelluvia laitteita. Metalleja vaahdottamalla on esimerkiksi saatu aikaan alumiinivaahtoa, joka on riittävän lujaa laivan runkomateriaaliksi ja vettä kevyempää. Magnesiumlejeringistä on kehitetty painon suhteen kaksi kertaa terästä lujempi materiaali.

Hiilikuitua on opittu 3D-tulostamaan ja kovettamaan sähköllä. Hitsaussaumoista on saatu olennaisesti aiempaa lujempia mahdollistaen kevyemmät teräsrakenteet. Metalleille on kehitetty luja liimasidos. Uusista materiaaleista pidetään mahdollisena rakentaa 20 kilometriä korkea torni, jonka huipulta avaruuslennot ovat ratkaisevasti nykyistä edullisempia.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Lujien ja keveiden materiaalien tutkimus tapahtuu pääosin akateemisen motiivin johdattamana. Vasta keksintöjen todentamisen ja tuotantomenetelmien keksimisen jälkeen yritysten tuotekehitys aktivoituu. Metallivaahdot ja hiilikuitujen valmistusprosessit ovat edenneet selkeimmin kaupallisen tuotekehitysmotivaation piiriin eristeinä käytettyjen aerogeelien ohella.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.80 Kevyet ja lujat materiaalit ja se sijoittui toiseksi korkeimpaan ryhmään. Keehitys on jatkunut nopeana. Grafeenin 3D-tulostettu rakenne on saatu styroksin painoisena teräksen lujaksi. Alumiini on saatu kirkkaasti läpinäkyväksi. Kevyiden törmäyskestävien metallivaahtojen on todettu estävän säteilyä. Teräsalumiiniin on saatu titaanin lujuus.

Ligniinistä valmistettu ABL on kertaluokkaa ABS-muovia lujempaa. Kevyt joustava grafeeniaerogeeli kestää tuhat 80% litistystä murtumatta. Kevyellä neliömetriä kohti alle kilon painoisella eristeellä on saavutettu 45 desibelin äänieristys alhaisilla taajuuksilla. Silica Aerogeelin markkinoiden uskotaan nousevan miljarditasoon.

Kiinnostavia lähteitä:

Materiaalin 3D-tulostus ja 4D-tulostus (6.03) **

Teknologiakorin kohdealue: Perinteiset keinot, joilla valmistamme tavaroihin, kemikaaleihin tai rakenteisiin tarvitsemiamme materiaaleja perustuvat erotustekniikkaan, seostamiseen ja muihun prosessiteollisuuden käsittelymenetelmiin sekä näiden avulla saatujen pintojen liittämiseen toisiinsa. Käytämme myös runsaasti biologisista raaka-aineista puhdistettuja materiaaleja. Näiden keinojen avulla ei osata valmistaa kaikkia tunnettuja materiaaleja.

3D-tulostus mahdollistaa sellaiset nano- ja mikromittakaavassa tuotetut materiaalit, joissa kennorakenne tai materiaalikerrosten vuorovaikutus tarjoaa hyödyllisiä ominaisuuksia. Voidaan puhua metamateriaaleista silloin, kun materiaalin luonne muuttuu ilman kemiallisia reaktioita. Koriin kuuluvat myös mahdolliset kemialliset reaktiot, mutta ulkopuolelle jää toisaalla kuvattu DNA-tulostus. Tässä siis kuvataan ne ainetta lisäävät tekniikat, joiden tavoitteena ei ole valmiin esineen vaan materiaalisen käyttöominaisuuden tuottaminen.

Kehityksen yleiskuvaus: 3D-tulostustekniikoita on monia. Ne on käsitelty toisaalla. Kun puhutaan materiaalirakenteiden ja -koostumusten tulostuksesta, on ilmeistä, että mittakaava on pieni. Tulostaminen tapahtuu kuljettamalla ainetta haluttuihin kohtiin tavalla, joka kiinnittää sen kokonaisuuteen. Useampia eri aineita voidaan tulostustekniikalla yhdistellä joko seostamalla niitä tulostuksen yhteydessä tai tulostamalla ne toisistaan poikkeaviin kohtiin.

Materiaalien 3D-tulostuksella tavoitellaan tarkimmalla tasollaan sellaisia kemiallisia sidoksia, joita ei muutoin saataisi aikaan. Voidaan esimerkiksi tulostaa nanohiilistä kennorakenteita, jotka ovat ehyitä ja erittäin kevyitä sekä lujia. Voidaan toisaalta tavoitella huokoisuutta akkumateriaaleihin tai vedyn varastointiin.

Monimutkaisempia materiaaleja tulostettaessa voidaan tavoitella pintarakenteita, joiden optinen tai sähkökemiallinen ominaisuus tekee niistä erinomaisia katalyyttejä esimerkiksi MOF-materiaaleja aurinkoenergian muuttamiseen polttonesteiksi tai nanotason muotoja, jotka kumoavat painovoiman kvanttitason ilmiöiden seurauksena. Myös kudosten kaltaiset pintarakenteet ovat olleet tutkimuksen kohteena.

4D-tulostuksesta puhutaan, kun tulostetuilla materiaaleilla on mekaanisia tulostuksen jälkeisiä ominaisuuksia muistimateriaalien tavoin. Tuloste voi silloin esimerkiksi sähkövirran vaikutuksesta muuttaa muotoaan. Tutkimuksellisena tavoitteena on ollut robotti, joka kävelee tulostuksen jälkeeen itse tulostimesta ulos ja myös itse itsensä kokoava robotti.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Materiaalien 3D-tulostus on merkittävä akateemisen tutkimuksen työväline tutkittaessa uusien nanomateriaalien ominaisuuksia. Nanomateriaalien avulla on saavutettu hyvin monia tässä raportissa kuvattuja tuloksia monilla eri tieteenaloilla. Tuotannolliseen käyttöön materiaalien 3D-tulostus on edennyt ainakin lääketieteen ja elektroniikkateollisuuden parissa. Tuotantoon tavallisesti pyritään löytämään nopeampia valmistustekniikoita.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava aihe on 2.58 Materiaalien 3D-tulostus ja 4D-tulostus. Se päätyi kolmanteen ryhmään. Lääkkeiden 3D-tulostus on edennyt selkeästi. Graig Venterin ryhmä on tulostanut lääkevaikutteisia proteiineja. FDA on hyväksynyt yksilöllisiä lääkekapseleita tulostavan menetelmän, jossa lääkeaineiden sisältö ja imeytymisnopeus ovat säädettävissä.

Elektronisesti ja optisesti sekä kemiallisesti aktiivisia materiaalirakenteita on tulostettu ja niitä on esitelty tässä raportissa kunkin toiminnallisuuden mukaisissa ryhmissä. Muotoa muuttavia materiaaleja on tulostettu ja materiaaleja monipuolisesti tulostuksen aikana sekoittavia tulostustekniikoita on julkistettu aiemman valokovetettuun hartsiin rajoittuneen Objet -tulostimen lisäksi myös jauhetulostintekniikkaan.

Kiinnostavia lähteitä:

Nanomateriaalit kuituina, kankaina ja lujitteina (6.04) **

Teknologiakorin kohdealue: Kuidut ovat pitkistä molekyyleistä koostuvia vetolujuudeltaan hyviä materiaaleja. Niitä käytetään ensisijaisesti langoissa ja kankaissa, joissa vetolujuus on tärkein määräävä tekijä. Paperi on myös esimerkki kuituihin perustuvasta materiaalista. Kuituja lisätään aineisiin, kun halutaan seokseen joustavuutta ja vetolujuutta. Lasikuituveneet ovat monille tuttuja, kuten myös hiilikuituiset esineet ja vanhoihin tekniikoihin tutustuneille kuitujen lisääminen rakennusmateriaaleihin on myös hyvin tiedossa.

Nanoteknologiaa on pitkään pidetty pintojen teknologiana, mutta kuitujen valmistuksessa se on myös saavuttanut selkeän tutkimuksellisen aseman. Nanokuiduilla voidaan saavuttaa huomattavia etuja perinteisiin kuituihin verrattuna. Tähän koriin kuuluvat nanoteknologian keinoin tuotetut kuidut. Kasvi- ja eläinkuidut, mukaan lukien nanosellu, käsitellään toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Hiilinanokuitujen kehräyksessä on tapahtunut merkittävää edistystä. Käytännössä kuidut ovat vielä kaukana siitä lujuudesta, mihin grafeenin tai hiilinanoputkien teoreettinen rakenne antaa mahdollisuuden ja edelleen perinteisten hiilikuitujen jäljessä. Myös tuotantomenetelmät ovat vielä kehittymättömiä ja kalliita. Näyttää kuitenkin todennäköiseltä, että nanohiilet tulevat lähestymään teoreettista potentiaaliaan ja ohittavat perinteiset materiaalit hyvin monissa sovelluksissa.

Nanohiiliä on kokeiltu lujitemateriaalina ja sähkönjohtavuuden parantajana sekä mm. ruostumista tai jään kiinnittymistä estävänä pintana ja tuotannossa nanohiilet ovat jo mm. kosketusnäytöissä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Nanohiilten käyttö kuituina ja lujitteina etenee toistaiseksi pääosin akateemisen tutkimusmotiivin kuljettamana. Nanohiilet ovat useimpiin käytännön sovelluksiin vielä liian arvokkaita ja tuotannollisten prosessien kehitys on kesken ja ominaisuudet jäävät teoreettisista arvoista vielä kertaluokilla.

Elektroniikkateollisuudessa nanohiilillä on jo oma asemansa. 3D-tulostuksessa nanohiilillä seostettuja tulostusmateriaaleja tarjotaan käytettäväksi ja niiden monipuolinen kaupallinen saatavuus on johtanut tuote- ja markkinakokeiluihin startup-rahoitettujen yritysten toimesta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Ruotsalaistutkijat ovat onnistuneet tuottamaan synteettistä hämähäkinseittiä kilometrin mittaisina yhtenäisinä säikeinä. Nanokuituja on saatu tuotettua useilla eri metodeilla, sekä magneettisesti että laserin avulla. Boorinitridistä on saatu valmistettua joustava johdin. Grafeenilankaa on testattu sähkönjohtimena.

Kiinnostavia lähteitä:

Nanomateriaalien tuotanto raaka-aineeksi (6.05)

Teknologiakorin kohdealue: Nanomateriaaleilla on havaittu lukuisia erikoisia ominaisuuksia, joista monet ovat hyödyllisiä. Nanohiilten avulla esimerkiksi on havaittu voitavan korvata neljäntoista harvinaisen metallin tärkeimmistä käyttökohteista kaikki muut kultakoruja lukuun ottamatta.

Nanomateriaalien monet ominaisuudet ovat ylivertaisia, mutta niiden tuotantomenetelmät ovat kehittymättömiä. Tämä johtaa materiaalien kalleuteen ja laadun heikkouteen. Tähän koriin kuuluvat grafeenin ja muiden hyödylllisten nanomateriaalien tuotannolliset menetelmät sovelluksineen.

Kehityksen yleiskuvaus: Nanomateriaalien ominaisuudet ovat sidoksissa materiaalien rakenteisiin, yhtenäisten pintojen kokoon, säikeiden eheyteen tai pinnan virheettömyyteen ja mahdollisiin seosaineisiin, laminaatteihin ja pintaan yhdistettyihin muihin molekyyleihin.

Virheettömän grafeenikiteen hinta on nopeasti laskemassa ja yhä suuremmat kosketusnäyttöpinnat voidaan toteuttaa grafeenilla. Tuotantomenetelmät kehittyvät nopeasti ja mahdollistavat uusien ominaisuuksien lisäksi nanohiilien taloudellisesti järkevän käytön yhä useammassa sovelluksessa

Tärkein yksittäinen nanomateriaali on grafeeni. Se on yksi aine, mutta materiaaliteknisesti voidaan puhua yksittäisistä puhtaista kiteistä jonkin tason päällä, useammasta kerroksesta koostuvista pienemmistä hiutaleista tai vaihtelevan kokoisista ja toisiinsa kiinnittyneistä sekalaisista rakenteista. Grafeenina puhutaan myös grafeenioksidista tai grafeenin ja jonkin muun materiaalin muodostamista kerrospinnoista. Näillä kaikilla voi olla erilaisia käyttötarkoituksia, tuotantomenetelmiä ja ominaisuuksia. Grafeenimarkkinan arvioidaan kasvavan miljardin dollarin kokoon vuoteen 2022 mennessä.

Grafeenia voidaan tuottaa grafiitista erottamalla grafiitin kerroksia toisistaan. Grafeenia voidaan myös tuottaa pelkistämällä hiilidioksidia erimerkiksi kuparipinnalle tai lasipinnalle kuumuuden ja sähkövirran avulla. LIG-menetelmässä laserilla poltetaaan ja irroitetaan hiilivedystä tai selluloosasta muut ainesosat siten, että hiili jää jäljelle grafeenin rakenteeseen. Grafeenituotantoon on kehitetty suuri joukko menetelmiä, joiden tuottaman grafeenin laatu ja kustannukset vaihtelevat.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Grafeenitutkimus on merkittävin osin akateemisesti motivoitunutta, mutta grafeenin kaupallinen markkina on kasvanut niin suureksi, että kehitystyö on osittain myyntituotoilla katettavissa. Kasvun odotettu nopeus johtaa myös riskirahoitukseen ja yritysten panostuksiin uusille potentiaalisille tuotealueille.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kori on uusi ja perustettu nanomateriaalituotannon nopean kehityksen ja kasvavan merkityksen vuoksi. Yksikiteisen grafeenin tuotantonopeus saatu kasvamaan rullalta rullalle tyyppisessä prosessissa 60 mikrometriin sekunnissa. AMIn grafeenituotanto nousu tuhanteen tonniin vuonna 2016. VTT:n prosessi tuottaa koelaitteella useita kiloja nanometalleja päivässsä. Piidioksidia kyetään tuottamaan huoneenlämmössä. Akkuihin ja vedyntuotantoon soveltuvaa LIG-grafeenia tuotettu puusta. Natriumin avulla on tuotettu superkonsensaattorikäyttöön soveltuvaa huokoista 3D-grafeenimateriaalia.

Kiinnostavia lähteitä:

Uudet erotustekniikat ja kiertotalous (6.06) *

Teknologiakorin kohdealue: Tuotantoon tarvitaan monenlaisia raaka-aineita. Nämä harvoin löytyvät luonnosta puhtaina. Luonnosta löytyvien tai maa- ja metsätalouden sekä kalastuksen tuottamien materiaalien lisäksi myös teollisuuden sivuvirrat ja kotitalouksien jätteet sisältävän raaka-aineita. Nämä ovat tavallisimmin kaikki yhdisteinä ja seoksina tai toisiinsa liitettyinä kappaleina.

Hyödyllisten raaka-aineiden erottelua on perinteisesti kutsuttu jalostamiseksi. Käytetyistä tekniikoista voidaan puhua erotustekniikan nimellä. Kiertotaloudesta puhutaan, kun raaka-aineina käytetään käytöstä poistettuja hyödykkeitä tai muita jätteitä ja tuoreiden luonnonvarojen kulutus pyritään minimoimaan. Tähän koriin kuuluvat ne materiaalinkäsittelyn teknologiat, joiden tavoitteena on mahdollisimman huolellinen luonnonmateriaalien hyväksikäyttö ja kierrätys. Makean veden saatavuus käsitellään toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Nanohiilet ovat yhä lupaavampia materiaaleja erotustekniikassa. Huokoinen nanohiili tai reikäinen nanohiilipinta voi olla hyvin selektiivinen sen osalta, mitä atomeja tai molekyylejä se laskee lävitseen ja mitä estää tai kerää itseensä. Nanohiilten erottelutarkkuus on useissa tarkoituksissa paljon perinteisiä tekniikoita parempi.

Biologisissa prosesseissa bakteerit tai muut pieneliöt saatetaan erottelemaan erilaisia hiukkasia. Bakteerien lisäksi DNA-pohjaiset nanokoneet tai monisoluiset eliöt voidaan valjastaa erotustekniikan palvelukseen.

Tärkein kiertotalouden ilmiö, hiilidioksidin hyväksikäyttö käsitellään toisaalla, mutta kaatopaikkajätteitä ja merissä ajelehtivaa muoviroskaa kerätään robottien avulla. Muoviroskan, jätepaperin ja muiden jätteiden uudelleenkäyttöön kehitetään jatkuvasti uusia menetelmiä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Erotustekniikoita kehitetään jatkuvasti prosessiteollisuuden piirissä. Uudentyyppisiin erotustekniikoihin liittyy merkittävä akateeminen kiinnostus. Aihealue ulottuu kemian, biologian ja fysiikan yli tietotekniikkaan ja mekatroniikkaan jopa osin samoissa mittakaavoissa ja monet prosessit saattavat käyttää useiden tieteenalojen menetelmiä. Tutkimusalue on haastava, mutta tietotekniset simulaatiot nopeuttavat kokeiluja. Simulaatiot avaavat tulevaisuudessa alueen myös joukkoistukselle.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaava kohta oli 2.76 Nanohiilet suolan tai bakteerien poistossa ja muussa erotustekniikassa ja se oli neljännessä ryhmässä. Makean veden tuottaminen on siirretty toiseen ryhmään ja kierrätyksen painoa lisätty.

Uutena kehityksenä grafeenia on onnistuneesti kokeiltu ydinjätteiden suodatuksessa ja erilaisten kaasujen suodatuksessa. Grafeeenisuodattimen on havaittu läpäisevän helposti liuottimet, mutta estävän pienhiukkaset. Demonstraatiossa viskistä on suodatettu väri pois. Nesteiden erotukseen tutkijat ovat onnistuneet kehittämään eräänlaisen diodin, jossa osa nesteistä kulkee vain toiseen suuntaan. Kierrätyselektroniikan arvometalleja on ryhdytty jalostamaan. Muovia syövä toukka, mikrobien käyttö veden puhdistuksessa, molekyylejä lajitteleva DNA-robotti ja uusi kaasuja liuottava huokoinen neste ovat esimerkkejä tämän alueen tuoreesta etenemisestä.

Kiinnostavia lähteitä:

Antibakteeriset ja muut likaa hylkivät materiaalit ja pinnat (6.07) ****

Teknologiakorin kohdealue: Meidän tavaramme ja rakennettu ympäristömme likaantuu. Pintoihin tarttuu helposti haitallisia materiaaleja, jotka saattavat aiheuttaa tauteja, pilaantumista, korroosiota tai esteettistä haittaa. Nanomateriaalit ja muut uudet pintamateriaalit voivat vähentää ongelmia tai estää ne kokonaan. Tähän koriin kuuluvat tavaroiden omien pintojen lisäksi tavaroiden ja aineiden pakkausmateriaalit.

Kehityksen yleiskuvaus: Antibakteerisia ja muita likaa hylkiviä pintoja kehitetään erityisesti nanomateriaaleista. Nanohiilipinnoitteen on esimerkiksi havaittu estävän lentokoneen siipien jäätymistä ja hopean sekä kuparin tiedetään tappavan bakteereja. Kitkattomat pinnat hylkivät likaa ja kosteutta.

Pintaan voi liittyä erityisominaisuuksia, jonka vuoksi sen suojaama tuote ei esimerkiksi ruostu, menetä väriään, altistu UV-valolle, kostu tai lämpene. Nämä tarpeet voivat liittyä hyvin monenlaisiin tavaroihin ja rakenteisiin.

Useat antibakteeriset pinnat perustuvat hopean tai titaanioksidin käyttöön. Pintakäsittely suojaa käsittelytavasta riippuen mikrobeilta, homeelta tai likaantumiselta yleensä ja käsittelystä hyötyvät lääketieteelliset instrumentit, annosteluvälineet, astiat, käsiteltävät pinnat, rakenteeet, tekstiilit sekä elintarviketeollisuuden, kemianteollisuuden ja maatalouden välineistö.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Suojapintojen kehitys kuuluu yritysten jatkuvaan tuotekehitykseen. Nanopintojen ja muiden erikoismateriaalien tai ilmiöiden osalta akateeminen motiivi on merkittävä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kori on 2.74 Antibakteeriset ja muut likaa hylkivät materiaalit ja pinnat. Se sijoittui korkeimpaan ryhmään. Itsepuhdistuva, itseään korjaava maalipinta ja kuparin käyttö antibakteeristen pintojen materiaalina ovat aiemman raportin jälkeisiä tutkimuslöydöksiä.

Grafeenin avulla muovikalvon vedeneristävyys on saatu miljoonakertaistettua. Lentokoneen siiven jäätyminen on myös saatu estettyä grafeenipinnan avulla. Läpikuultava pintakalvo on saatu kappaletta jäähdyttäväksi. Nanotekstiili on saatu heijastamaan valoa ja säteilemään lämpösäteitä. Itsepuhdistava hydrofobinen maalipinta on saatu aikaan ja kappaleiden kestävyyttä on parannettu olennaisesti lujien ja sitkeiden maalipintojen avulla.

Kiinnostavia lähteitä:

Uudet teräsbetonin korvaavat rakennusmateriaalit (6.08) *

Teknologiakorin kohdealue: Teräs ja betoni ovat suuressa roolissa rakennetussa ympäristössä. Kumpikin aiheuttaa merkittäviä hiilidioksidipäästöjä ja sitoo energiaa. Perinteisten materiaalien kestävyys on

myös rajallinen ja aiheuttaa merkittävän kunnossapitokustannuksen. Betonin korvikkeita on kehitetty ja useita vaihtoehtoja on edennyt kaupallistamisvaiheeseen. Betonin puristuslujuus on erinomainen, mutta muut lujuusominaisuudet vaatimattomia, jonka vuoksi raudoitus on ollut tarpeen. Kalliin raudoitusvaiheen korvaaminen muilla tavoilla on yksi tavoite.

Kehityksen yleiskuvaus: Teräsbetonin korvaamiseen on kehitetty vaihtoehtoja erityisesti puukuitujen, tuhkan, muovien ja nanoselluloosan avulla. Liukuvaluun ja 3D-tulostukseen soveltuva nopeasti jäykistyvä sementtiä ja raudoitusta helpommat kuitupohjaiset lujitteet kuuluvat keskeisiin tavoitteisiin.

Uusien täyteaineiden avulla pyritään betonin parempaan laatuun, kestävyyteen suolaisissa ja kosteissa. Hiilineutraalius on yksi tavoitteista. Sementin valmistus tuottaa nykyisellään merkittävän määrän globaaleista hiilidioksidipäästöistä. Tuotantotapaa ja koostumusta muuttamalla sementistä pyritään tekemään hiilidioksidia sitovaa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Rakennusteollisuus on globaalisti laajamittaista toimintaa ja teräsbetoni sen keskeisimpiä raaka-aineita. Asiakaskysyntä ei kuitenkaan ole kohdistunut betonin parantamiseen vaan yhä edullisempaan rakentamiseen ja siksi materiaalitekniikan kehitys on suurelta osin tutkimuslaitosten ja uusia menetelmiä kehittävien teollisuuden alihankkijoiden tuotekehityksen varassa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.73 Uudet teräsbetonin korvaavat rakennusmateriaalit ja se sijoittui neljänteen ryhmään. Roomalaisen betonin kestävyys on selvitetty entistä tarkemmin. Uusia huokoisia betonilaatuja on kehitetty. Useita uusia hiilineutraaleja sementtilaatuja ja sementinvalmistusprosesseja on esitelty. Tiilien ja rakennusharkkojen kovetus onnistuu huoneenlämmössä bakteerien avulla ja prosessi on saatettavissa teolliseen skaalaan.

Kiinnostavia lähteitä:

Keinotekoinen lihas ja keinotekoinen iho (6.09) **

Teknologiakorin kohdealue: Koneiden ja eliöiden liikevoima syntyy toisistaan hyvin poikkeavin tavoin. Niin höyrykoneet, polttomoottorit kuin sähkömoottoritkin ovat kömpelöitä laitteita eläinten lihaksiin verrattuna.

Keinotekoisten lihasten myötä koneet voisivat liikkua eläinten tavoin ilman erillisiä kovia moottoreita ja mutkikkaita voimansiirtomekanismeja. Keinotekoinen tuntoherkkä ja itsekorjaava iho täydentäisi mahdollisuudet.

Tähän koriin kuuluvat tekniikat, joiden avulla eläinten raajoja matkiva toiminta saadaan toteutettua mahdollisimman tehokkasti. Robotiikan ohella tämä kehitys voi olla lääketieteellisesti arvokasta.

Kehityksen yleiskuvaus: Muistimateriaalit eli keinotekoisten lihasten materiaalit muuttavat tilaansa, lähinnä koukistuvat tai supistuvat, kun jokin ympäristötekijä muuttuu. Lihaksen voi aktivoida esimerkiksi kosteus, lämpö, kemiallinen ärsyke tai sähkövirta.

Vahvuudeltaan keinotekoiset lihakset saattavat olla kertaluokkia ihmisen samankokoista lihassäiettä voimakkaampia. Kehitysvaiheen ongelmia eri tekniikoissa on kuitenkin useita. Keinolihaksissa käytetyt kemikaalit voivat esimerkiksi olla haitallisia, tarvittavat jännitteet tai lämpötilat suuria. Lihakset saattavat olla hitaita jäykistymään tai rentoutumaan ja ne voivat kulua nopeasti. Valmistustekniikka on ehkä monimutkaista tai vaatii kalliita materiaaleja. Kehitystyö pyrkii ratkaisemaan näitä ongelmia.

Ihon keskeisin ominaisuus on, että se peittää allaan olevat asiat niitä haittaamatta, on joustavasti lihaksiin mukautuva ja kestää kulutusta. Ihoon integroidut kosketus- tai painesensorit ovat monissa tehtävissä tarpeellisia. Tuntoaistia kehitetään sekä robottikäsiä että proteeseja varten ja se on hyödyllinen pintojen ominaisuus yleisemminkin. Itsekorjaavuus on joissakin sovelluksissa hyödyllinen piirre riippumatta tuntoaistista ja lihaksista.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tärkein keinotekoisten lihasten tutkimusmotiivi on akateeminen. Kyse on monille kaupallisille yrityksille liian pitkäkestoisesta tavoitteesta. Tutkimuksellisten läpimurtojen jälkeen tilanne muuttunee nopeasti, koska keinotekoisten lihasten kaupallinen potentiaali on suuri. Teknologia on jo kypsää kapeisiin kaupallisiin segmentteihin, jonka vuoksi startup-yritysten tekemä kehitystyö näyttää mahdolliselta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaavat kohdat ovat 2.65 Keinotekoiset lihakset ja 2.66 Keinotekoinen itseään korjaava iho. Nämä sijoittuivat kolmanteen ja neljänteen ryhmään.

Kehitys on ollut laajaa ja monitahoista. Herkkätuntoinen robottikäsi on valmistettu lihasten tavoin supistuvasta muistimateriaalista. Muistimetallin on testattu kestävän miljoonia muodonmuutoksia. Synteettisistä lihaksista on

saatu 100-1000 kertaa ihmisen lihasta voimakkaampia. Synteettinen alhaisella jännitteellä hitaasti toimiva lihas on toteutettu silikonista 3D-tulostuksella.

IBM:n tutkijat ovat kehittäneet polymeerin, joka on luuta lujempi, kierrätettävä, kevyt, korroosionkestävä ja itseään korjaava. Smithsonian on kehittänyt hapettomassa tilassa itsensä nopeasti korjaavan materiaalin ja belgialaiset tutkijat ovat tuottaneet ihon, joka korjaa itsensä ”kuumeen” avulla.

Kiinnostavia lähteitä:

Makean veden tuottaminen (6.10) *

Teknologiakorin kohdealue: Vesi on välttämättömyys kaikelle elämälle. Missä sitä ei ole, elämä kuihtuu. Elintoimintojen lisäksi käytämme vettä pesemiseen, harrasteisiin ja teollisiin prosesseihin. Tällöin puhutaan lähes aina makeasta vedestä, jossa ei ole haitallisia määriä pieneliöitä tai suoloja. Vesitalouteen liittyy monia raskaita investointeja.

Makeaa vettä tuotetaan puhdistamalla luonnonvesiä, jätevesiä tai merivettä käyttövedeksi. Haaste on sitä suurempi, mitä likaisemmasta tai suolaisemmasta vedestä käyttövesi on tehtävä. Jätevedet myös pyritään puhdistamaan, vaikka ne laskettaisiin mereen. Puhdistukseen käytetään sekä mekaanisia että kemiallisia erotustekniikoita.

Vedensaanti on merkittävä ongelma vähäsateisilla alueilla. Meriveden tekeminen suolattomaksi vaatii tavallisesti käytetyin keinoin sekä runsaasti tilaa että energiaa. Makean veden saatavuuden parantuminen tekisi monista autiomaista viljavia ja asuinkelpoisia.

Kehityksen yleiskuvaus: Veden puhdistukseen juoma- tai viljelykelpoiseksi sekä veden keräämiseen ilman kosteudesta kehitetään jatkuvasti uusia menetelmiä. Nopeimmin ovat edenneet sähköä käyttävät kondensointi- ja erotustekniset menetelmät. Aurinkoenergian jatkuva hinnan lasku edesauttaa sähköön perustuvia menetelmiä.

Grafeenin lupaus vedenpuhdistuksessa perustuu suodatinten vähäiseen vastukseen ja vain hitaaseen tukkeutumiseen. Grafeeni on luja, mutta erittäin ohut materiaali, ja ohuuden vuoksi kestävyys on yksi kehityksen haaste.

Metalli-ioneista ja orgaanisista aineista koostuvien MOF-materiaalien kehitys saattaa mahdollistaa veden keräämisen ilman kosteudesta. Lämmön ja kylmän vaihtelu imeyttää veden ilmasta ensin materiaaliin, josta se valuu säiliöön.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Vedenpuhdistusmenetelmiä kehitetään alan teollisuuden ja akateemisen tutkimuksen piirissä. Riskisijoittajien sekä joukkorahoituksen avulla käynnistyt startup-yritykset ovat myös aktiivisia.

Vesitalouden haasteet kasvavat, ellei teknologia kehity, koska ilmaston lämpeneminen, geologisten vesivarastojen loppuminen ja väestön kasvu lisäävät jo nyt laajaa monien alueiden vesipulaa. Kehitysmotiivi on laajasti yhteiskunnallinen.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaavat korit ovat 2.63 Vettä ilmasta nanopinnoilla ja 2.76 Nanohiilet suolan tai bakteerien poistossa ja muussa erotustekniikassa, joista kumpikin sijoittui neljänteen ryhmään. Grafeenin käyttö puhtaaan veden tuotannossa oli edellisen raportin aikaan varsin uusi ajatus. Kehitys on ollut nopeaa sen jälkeen. Useat hankkeet ovat raportoineet tuloksellisista kokeista sähkä säästävin ja aurinkoenergiaa käyttävin menetelmin. Kokonaan sähköttömästi merivettä suodattamalla 85% suolasta on saatu poistetuksi.

X-Prize -säätiö on julkaisssut kilpailun, jonka tavoitteena on makean veden tuotanto ilmasta 2 sentillä litraa kohden. Kilogrammalla MOF-ainetta on saatu ilmasta tuotetuksi 3 litraa vettä vuorokaudessa sähköttömästi. Dialyysimenetelmät ovat kehittyneet aiempaa huomattavasti tehokkaammiksi ja paine-eron käyttöä kaivovesien puhdistuksessa on demonstroitu.

Kiinnostavia lähteitä:

Älymateriaalit ja niiden simulointitekniikat (6.11)

Teknologiakorin kohdealue: Materiaaliteknologia etenee nopeasti. Uusia mahdollisuuksia avautuu sekä fysiikan että kemian ja biologian kautta. Tietotekniikan nopeutumisen myötä materiaen käyttäytymistä voidaan simuloida ja havainnoida virtuaalisesti. Menetelmä nopeuttaa uusien hyödyllisten materiaaliominaisuuksien löytämistä. Tämä kori sisältää toiminnallisesti kiinnostavat uudet materiaalit ja niiden virtuaalisen tutkimusmenetelmän. Korin ulkopuolelle jäävät toisaalla tässä raportissa erikseen kuvatut materiaalit.

Kehityksen yleiskuvaus: Älykkäillä materiaaleilla voi olla monia erilaisia ominaisuuksia. Kyse voi olla muotoa muuttavista materiaaleista, sähkömekaanisista, sähkökemiallisista tai optisesti aktiivisista, valosähköisistä termosähköisistä, magneettisista tai katalyyttisistä materiaaleista. Kyse voi olla älykkäistä molekyyleistä, polymeereistä ja happamuuden tai muiden ominaisuuksien suhteen aktiivisista materiaaleista.

Älymateriaaleja voidaan käyttää esimerkiksi sensoreissa ja toimilaitteissa, rakenteissa, optisissa laitteissa, roboteissa, energian talteenotossa, biomimetiikassa, eristeissä sekä elintarvike- ja prosessiteollisuudessa.

Uusia materiaaleja kehitetään nykyään simuloimalla molekyyleihin ja niiden rakenteisiin liittyviä ilmiöitä laskennallisilla malleilla. Kun löydetään lupaavia rakenteita, pyritään saamaan ne todellisuudessa aikaan ja mittaamalla selvittämään, vastaavatko todelliset ominaisuudet mallinnettuja.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Materiaalitutkimus on suurelta osin akateemisesti motivoitunutta. Teollisuus on aktiivinen kunkin alan keskeisissä ongelmakohdissa ja erityisesti lyhyellä tähtäimellä tarpeellisilta osin. Monet materiaalitutkimuksen suuret onnistumiset tapahtuvat perustutkimuksessa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Ryhmä on uusi. Tässä raportissa toisaalla on runsaasti löydöksiä uusista keveistä, kitkattomista tai monin muin tavoin hyödyllisistä materiaaleista. Tämä lista sisältää muihin ryhmiin kuulumattomia tuoreita tutkimusuutisia.

Luodinkestävä läpinäkyvä polyuretaani on kehitetty, joka absorboi liike-energian nesteytymällä tilapäisesti. Betonista on saatu itsensä korjaavaa bakteerien avulla. Veden on todettu olevan kiinteässä muodossa huoneenlämmössä hiilinanoputkien sisällä. 2D elektride materiaalissa on saatu elektronit kaasumaiseen muotoon. Löydökselle odotetaan moninaisia sovelluksia läpinäkyvistä johtimista kemiallisiin katalyytteihin.

Vety on saatu laboratoriossa metalliseen muotoon. Materian uusi olomuoto, aikakristallit on saatu toteutetuksi. Kyse on säännönmukaisesti muotoaan muuttavista olomuotorakenteista. Eläviä soluja on käytetty kankaissa hengittävyyttä lisäämään. Grafeenia on käytetty lämpöpatterissa säteilijänä ja hiilen avulla johtimien sähkömagneettista eristävyyttä on parannettu.

Kiinnostavia lähteitä:

2.2 Bioteknologia ja farmakologia

Geenimanipulointi on muuttunut olennaisesti aiempaa täsmällisemmäksi ja helpommaksi. Muutos TuVRad9/2013 -raportin jälkeen on ollut radikaali. Tämä ja geenitiedon massiivinen lisäys sekvensoinnin helpottuessa jatkuvasti vaikuttaa sekä lääkekehitykseen että bioteknologiaan.

Geenitietoon perustuva lääkintä on aiempaa täsmällisempää ja toisaalta lääkkeitä on tulevaisuudessa entistä helpompi tuottaa. Radikaaleja mahdollisuuksia avaa mm. vanhenemisen mysteerin mahdolliselta näyttävä selviäminen ja terveen eliniän merkittävä piteneminen, mutta myös vakavien sairauksien syiden selviäminen ja uusien hoitomenetelmien löytyminen. Esimerkiksi RNA-vaimennuksen käyttö lääkinnässä avaa täysin uusia hoitomahdollisuuksia. Kehon omien mekanismien, esimerkiksi immmuunijärjestelmän ohjaaminen antaa paljon tehokkaita keinoja terveydenhoitoon.
Elinten takaisinkasvatuksessa ja soluviljelyssä on merkittäviä edistysaskeleita, kuten myös elimistön toimintakykyä korjaavien proteesien kehityksessä. Biomateriaalien ja ruoan tuotannossa on myös otettu tärkeitä edistysaskeleita.

Elektroniikan ja biologian kyborgimaiset yhdistelmät (7.01)

Teknologiakorin kohdealue: Ihmisen ja muiden eliöiden toimintakykyä voidaan muuttaa keinotekoisesti. Silmälasit ja kuulokoje tai sydämentahdistin ovat kaikki tuttuja esimerkkejä. Proteesien avulla voidaan korvata puutteita, mutta myös parantaa toimintakykyä eliön luonnollista normaalia tasoa paremmaksi tai muuttaa sitä ihmisen haluamalla tavalla. Yleinen kytkeytyminen aivoihin on käsitelty toisaalla tässä raportissa. Tähän koriin kuuluu ihmiseen tai muuhun eliöön elimellisesti liitetyn laitteen avulla saavutettu kyborgimainen toiminnallisuus.

Kehityksen yleiskuvaus: Proteeseja ja keinoelimiä kehitetään ihmisille moniin eri tarkoituksiin. Raajansa menettäneiden proteesit ovat kehittyneet tunteviksi ja aivojen suoraan ohjattaviksi. Hermoratoja ja sisäelimiä korvataan keinotekoisilla laitteilla. Myös keinosilmät kehittyvät jatkuvasti.

Proteesit lähestyvät tasoa, jossa ne voivat olla luonnollisia vastineitaan parempia. Keinosilmät voivat esimerkiksi korvata pimeänäkölasit tai erottaa materiaaleja ja nähdä kauas. Keinohaima voi säätää insuliinitasoja luonnollista haimaa paremmin.

Kasvien ja pieneliöiden kohdalla teknologia voi muuttaa luonnollisia ominaisuuksia yllättävin tavoin. Eliöt voidaan kasvataa haluttuihin muotoihin. Ne voivat tuottaa monimutkaisia materiaaleja ja rakenteita joko sisällään tai ulkopuolellaan. Kasvit voivat tuottaa valoa tai sähköä ja kasvattaa itseensä muutakin toiminnallisuutta.

Digitaalisiin laitteisiin voidaan yhdistää biologiaa, kuten esimerkiksi eläimen lihassoluja robotin liikuttamiseksi. Toisaalta kokonaisen eliön omaehtoinen ohjaus voidaan korvata digitaalitekniikalla. Eliöiden lisääntymisessä voidaan myös yhä useammin siirtyä keinotekoiseen ympäristöön, kuten keinokohtuun. Tärkeän tutkimushaaran muodostaa implanttien energiansaanti.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tämän alueen kehitys perustuu ensisijassa akateemiseen sekä lääketieteelliseen motiiviin. On nähtävissä, että elektroniikkateollisuuden motiivi tulee jatkossa kasvamaan, kuten myös sijoittajien ja joukkorahoituksen avulla käynnistettyjen startup-yritysten rooli.

(tiede, yritykset, joukkoistus)

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Lähinnä vastaavat kohdat edellisessä raportissa ovat 2.08 Aivojen korjaaminen ja kykyjen kasvattaminen sekä 2.64 Biorobotit, jotka sijoittuivat vastaavasti kolmanteen ja neljänteen ryhmään.

Eteneminen on ollut nopeaa. Yhä parempia silmäimplantteja on kokeiltu. Infrapunaretinaimplantti on kehitteillä ja herkkä retinaproteeesi on saatu toimimaan ilman ulkoista energiaa. Hermostollisia ongelmia on korjattu neuraaliproteeseilla. Neuralink-hanke pyrkii vakioimaan hermostokytkentää.

Bakteerien avulla on saatu biofilmeihin sähkömagneettisia ominaisuuksia. Implantteihin sopiva kehon sisäinen biopolttokenno on kehitetty. Ihon lämpöä on muutettu sähköksi. Sähkön siirto on toteutettu bioyhteensopivasti ionien avulla. Apinoiden selkäydinvaurio on ohitettu hermorataimplantilla.

Miniatyrisoitua kameraa ja langatonta radioyhteyttä kantavaa torakkaa kyetään kauko-ohjaamaan auttavalla tarkkuudella. Myös heinäsirkkoja on kauko-ohjattu. Rauskun tavoin uiva robotti on toteutettu rotan sydänsoluja käyttäen. Elävään kasviin on imeytetty sähkönjohtimia ja elektroniikkaa mukaan lukien transistori ja logiikkapiiri. Valoa tuottava GMO-kasvi on siementänyt.

Kiinnostavia lähteitä:

Eliniän pidentäminen ja ikääntymisen hidastaminen (7.02) **

Teknologiakorin kohdealue: Ihmisillä ja muilla nisäkkäillä on vanhuusikä, jona aikana elimistön uusiutuminen hidastuu tai pysähtyy ja rappeutuminen nopeutuu. Aivan jokaisella kalalajilla tai matelijoilla vanhuus ei ilmene samalla tavalla. Esimerkiksi kilpikonna vaikuttaa ikääntyessään muuttuvan yhä terveemmäksi.

Vanhenemisen mekanismit ovat selviämässä monella eri tasolla. Vanhuutta ja siihen liittyviä sairauksia voidaan koe-eläimillä myöhentää. Tervettä elinaikaa saadaan pidennettyä useilla eri tavoilla ja osa näistä menetelmistä on siirtynyt ihmiskokeisiin.

Kehityksen yleiskuvaus: Ihmisen terveen eliniän keinotekoista pidentämistä tutkimaan on perustettu useita yrityksiä. Vanhemiseen liittyvien sairauksien tutkimus on myös laajaa. Valtaosa tutkimuksesta suoritetaan hiirillä niiden helpon lisääntymisen ja lyhyen eliniän vuoksi. Tutkimuksissa oletetaan vanhenemisen mekanismi hiirillä ja ihmisillä toisiaan vastaavaksi. Hiirten tervettä elinikää on onnistuttu pidentämään useilla eri tekniikoilla noin 30%.

Vanhenemiseen vaikuttaa solujen rappeutuminen niihin kertyvien myrkkyjen ja mitokondrion itsetuhoisen toiminnan vuoksi. Solujen elinikään ja vaurioitumiseen vaikuttavia tekijöitä on löydetty kehon, elinten ja solun itsensä tasolla. Sirt1-geenillä ja siihen liittyvillä proteiineilla on havaittu olevan solun ikääntymiseen liittyviä vaikutuksia. Kantasolujen syöpää estävien telomeerien lyheneminen on yksi ilmeinen vanhenemisen syy.

Useat solujen tai elinten väliseen signalointiin käytetyt proteiinit näyttävät vaikuttavan elinikään, kuten myös vanhojen solujen tehokkaampi poisto. Tämä vahvistaa oletusta, jonka mukaan keho itse nopeuttaa vanhenemista parhaan lisääntymisajan jälkeen ja toiminnan käynnistää joku elin. Hiirikokeissa ihon, lihasten, sydämen ja aivojen ikääntymiseen liittyviä oireita ja sairauksia on saatu parannetuksi. Kyse ei ole vain vanhenemisen hidastamisesta vaan elimistöä on saatu nuorennettua ja jopa vanhuuteen liittyviä muistisairauksia parannettua.

Resursointi ja kehitysmotiivi:

(tiede, yritykset, joukkoistus)

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.06 Eliniän pidentäminen ja ikääntymisen hidastaminen ja se sijoittui kolmanteen ryhmään. Sen jälkeen ensimmäiset viralliset ihmiskokeet on aloitettu. Telomeraasista on löytynyt on/off-vipu. Nuoren hiiren veri nuorentaa vanhaa hiirtä, kuten myös solujen uudelleenohjelmointi.

Ihon, lihasten, maksan ja sydämen nuorentamisessa on onnistuttu hiirikokeissa. Mitokondrion ja SirT1-geenin roolia ikääntymisessä on vahvistettu useissa tutkimuksissa. Metyleenin sinisen on havaittu estävän progeriaa eli ennenaikaista vanhenemista ja sen uskotaan vaikuttavan myös normaaliin vanhenemiseen. Hel-1/FOXO vaikuttaa vanhenemisen säätelyyn.

Kiinnostavia lähteitä:

Nanohiukkaset ja mikrobotit elimistössä (7.03) *

Teknologiakorin kohdealue: Olemme tottuneet syömään lääkkeitä ja syöttämään niitä myös hoidossamme oleville eläimille. Suoritamme mittauksia ja kirurgisia operaatioita elimistössä. Miniatyrisointi mahdollistaa sen, että nielemme tai pistämme suoniimme itsenäisesti toimivia laitteita.

Tutuin ihon alle sijoitettava laite, sydämentahdistin on melko suurikokoinen. Miniatyrisoidut laitteet voivat suorittaa esimerkiksi mittauksia tai kohdistettua ja aikataulutettua lääkeannostelua. Tähän koriin kuuluvat myös niinsanotut nanokoneet eli molekyylitasoiset tiettyjä tehtäviä varten suunnitellut kehoon ruiskutettavat tai nieltävät biomekaaniset rakenteet. Näiden tavoitteena voi olla esimerkiksi syöpäsolujen tuhoaminen.

Kehityksen yleiskuvaus: Miniatyrisoinnin haaste on selkeä, ja sitä on ratkottu laajasti elektroniikan ja materiaalitekniikan piirissä. Bioyhteensopivuus tarkoittaa sitä, että kehon sisään sijoitettavat hiukkaset eivät aiheuta kehossa haitallisia reaktioita. Biohajoavuus on tärkeää, jos laite on tarpeen vain lyhyen ajan. Biohajoavaa laitetta ei tarvitse poistaa kirurgisesti elimistöstä.

Mikrobotti voi kulkea kehossa luonnollisella tavalla elintoimintojen aiheuttamien virtojen mukana. Siihen voidaan myös kehittää ohjattavuutta esimerkiksi ulkoisen magneettikentän tai itsenäisen liikkeen avulla. Mikrobotti voi sisältää digitaalista reittitietoa tai se voi saada ohjeita kehon ulkopuolelta. Ohjaukseen tarvitaan kyky kehon läpäisevään sähkömagneettiseen viestintään. Mikäli mikrobotti tarvitsee enemmän energiaa kuin siihen itseensä kyetään varastoimaan, on laitteen kyettävä hankkimaan energia ympäristöstään.

Mikrobotteja pienemmät nanokoneet suunnitellaan tavallisesti leviämään kehoon runsain joukoin. Olennainen tutkimus liittyy siihen, miten ne tunnnistavat kohteensa, esimerkiksi syöpäsolun, ja kuinka ne kykenevät tunkeutumaan sen sisään.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tämän aihealueen tutkimusmotiivit ovat osin akateemisia sekä lääketieteellisiä. Mahdollisuuksien kasvaessa vaikuttaa ilmeiseltä, että elektroniikkateollisuuden ja riskisijoittajien kiinnostus kasvaa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edelllisen raportin vastaava kohta on 2.05 Nanohiukkasten ja mikrobottien käyttö tautien hoidossa ja se sijoittui neljänteen ryhmään. Nieltävien tai verisuonistossa kulkevien kapseleiden kehitys on tämän jälkeen ollut nopeaa.

Elimistön energiaa käyttävä pillerikamera, solun sisällä motorisoidusti liikkuvat nanokokoiset robotit, nanotason kehon sisäinen lääkejakelu, etäohjattavat ja biohajoavat lääkeimplantit ja muut etäohjattavat ihon alaiset lääkesirut, syöpää etsivät nanobotit ja halvaantuneen raajan aktivointi neuroimplanteilla kuuluvat kaikki aiemman raportin jälkeisiin uutisiin. Nanobottien ohjaamista DNA:n avulla, mikroparistoja, kehon sisäistä tietoliikennettä ja syövän tappamista mikrobottien ja nanokoneiden avulla on kokeiltu.

Kiinnostavia lähteitä:

Geenimanipuloinnin avulla tuotetut aineet ja elimet (7.04) ***

Teknologiakorin kohdealue: Kaikki elintarvikkeidemme raaka-aineet ja suuri osa tavaroidemme raaka-aineista on eloperäisiä. Näiden lisäksi merkittävä osa muistakin ihmisten käyttämistä aineista on kasvien, eläinten ja muiden eliöiden tuottamia. Me olemme valinneet ja jalostaneet eliöitä, jotta saisimme ne tuottamaan itsellemme mahdollisimman sopivia raaka-aineita. Geenimanipulointi tarjoaa jalostukseeen verrattuna lähes rajattomalta tuntuvat mahdollisuudet uusien eloperäisten materiaalien ja tuotteiden kehitykseen.

Kehityksen yleiskuvaus: Geenit ohjaavat proteiinituotantoa. Muokkaamalla eliöiden geenejä, ne saadaan tuottamaan proteiineja ja niiden avulla muita aineita, joita kyseiset eliöt eivät normaalisti tuottaisi samassa määrin tai ollenkaan. Yksinkertaisimpia muokattavia ovat bakteerit ja hiivat sekä eliöiden toimintaan vaikuttavat virukset. Näiden avulla on tuotettu monia erilaisia materiaaleja lääkkeistä helmiäisen kaltaisiin rakenteisiin.

Kasvien geenimuuntelun avulla ne voidaan saada tuottoisammiksi tai kestämään ympäristön rasituksia paremmin. Kasveja voidaan myös kehittää esimerkiksi sisäviljelyyn tai muuttuvaan ilmastoon paremmin sopiviksi. Perimän muuntelun avulla tutkitaan myös keinoelintuotantoa.

Geenimuuntelun avulla voidaan saada tavallisista soluista kantasoluja. Tutkitaan, onko lisääntyminen ilman siittiöitä tai munasolua mahdollista. Kun tavallisia soluja muutetaan kantasoluiksi, voidaan soluviljelyä soveltaa elintarviketuotannon mittakaavassa.

Solujen geenimuuntelulla voidaan ihmisen oma keho saada toimimaan lääkinnällisellä tavalla. Mikrobien muuntelulla voidaan vaikuttaa maaperään tai biofilmeihin. Bakteerit saadaan ohjattua tuottamaan elatusmaljassa akkuja tai aurinkopaneeleja ja monia muita rakenteita.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimusmotiivi on suurelta osin akateeminen. GMO-viljelyn osalta motiivi on kaupallinen ja osin

yhteiskunnallinen, kuten Kiinan ja Intian elintarviketuotannossa. Lääketieteellinen hoidollinen motiivi on merkittävä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaavat ryhmät olivat 2.04 Geenitietoon perustuvat lääkkeet ja 2.71 Geenimuunnellut organismit monikäyttöisten materiaalien tuottajina, jotka sijoittuivat molemmat toiseksi korkeimpaan ryhmään. Tämän jälkeen hiiren munasolu on saatu tuotetuksi aikuisen kantasolusta kehon ulkopuolella. Geenimanipuloinnin avulla on tuotettu virus, joka tappaa syövän. Syöpä ja HIV on myös saatu talttumaan geeniterapian avulla sekä muokkaamalla kehon immuunijärjestelmää. Parkinsonin tautiin on onnistuneesti käytetty kantasoluhoitoa.

Bakteerit on saatu tuottamaan useita lääkeaineita geenimanipuloinnin avulla. GMO-riisin fotosynteesiominaisuuksia on parannettu ja riisi on saatu kasvamaan suolaisessa vedessä. Geenimuunneltujen bakteerien avulla on tuotettu biofilmiä ja siihen nanokokoisia kultahiukkasista koottuja sähkönjohtimia. Ihmisen varaosia on kasvatettu geenimuunnellun sian elimistössä. DNA-pohjainen kasvava tietokone on osoitettu mahdolliseksi.

Kiinnostavia lähteitä:

Perimän editointitekniikat, kuten CRISPR/Cas9 (7.05)

Teknologiakorin kohdealue: Ihmisen ja muiden eliöiden genomin muuntelulle on monia syitä sairauksien parantamisesta ominaisuuksien parantamiseen ja materiaalien tuotantoon. Geenimuuntelun avulla tuotetut materiaalit ja keinoelämä on käsitelty toisaalla. Tähän koriin kuuluvat geenimuuntelun varsinaiset uudet tekniikat ja lisäksi niiden hoidollinen käyttö perinnöllisten virheiden korjauksessa ja sellaisessa muuntelussa, jonka tavoitteena ei ole materiaalituotanto.

Kehityksen yleiskuvaus: Geenimuuntelua on harjoitettu pitkään. Aluksi se perustui satunnaisia mutaatioita aiheuttavaan säteilyyn tai solumyrkkyihin. Muutoksia aiheuttavat vektorit on vähitellen saatu yhä tarkemmiksi. Nykyisin käytetty tekniikka perustuu bakteerien puolustusmekanismiin. Crispr/Cas tekniikka juontaa juurensa bakteerin pyrkimykseen torjua bakteriofaagien ja plasmidien vaikutukset omaan perimäänsä.

Crispr/Cas -variaatioita on useita. Niissä käytetyn tekniikan helppous ja luotettavuus vaihtelevat. Yksinkertaisimmillaan kyse on ”autotallitason” laboratoriosta, jonka tarvikkeita myydään innokkaille harrastelijoille sopivaan hintaan. Tarvittavat materiaalit maksavat kymmeniä tai satoja euroja ja oppaita tekniikan käyttöön on vapaasti saatavilla.

Uusimmat tekniikat ovat siten tarkkoja, että niillä kyetään muuttamaan jopa kymmeniä perintötekijöitä samanaikaisesti ja varmistumaan muutosten onnistumisesta. On myös kehitetty tehokkaita tekniikoita, jotka voivat korjata yksittäisen mutaation aiheuttaman virheen elimistössä laajavaikutteisesti.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi on pääosin lääketieteellinen, elintarviketeknologiaan tai bioteknologiaan liittyvä tuotekehitys tai syvä harrastuneisuus. Vaikea on myös sulkea pois terroristisesssa tai sotilaallisessa tarkoituksessa rahoitettua kehitystä. Kehitys on laajapohjaista ja nopeaa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Perimän editointitekniikat ovat uusi kategoria ja synnytetty, koska menetelmien käyttö laajenee ja ne kehittyvät nopeasti. Crispr-Cas9 –menetelmästä on tullut laajasti markkinoitu, halpa, verrattain tarkka ja helppokäyttöinen. Sitä on jaettu jo kymmeniä tuhansia kertoja tutkijoiden käyttöön. Vastikään keksitty Crispr-Cif1, Crispr/Cas13 ja Crispr/Cas3 –teknologia ovat vielä tarkempia.

Hiivan yksi kokonainen kromosomi on tuotettu synteettisesti ja istutettu takaisin hiivaan, joka on sen jälkeen lisääntynyt. Solutyypin vaihto on saatu onnistumaan. Perinnöllinen sydäntauti on editoitu pois sikiöstä USAssa ja vastaava sairaus on poistettu alkiosta Kiinassa. DNA-editointiin tarkoitetun kävelijän toiminta kyetään kuvantamaan. Crispr on osoitettu mahdolliseksi ratkaisuksi antibioottiresistenssin aiheuttamaan terveydenhuollon kriisiin.

Kiinnostavia lähteitä:

Elämän simulointi solutasolla ja keinosolu (7.06) ***

Teknologiakorin kohdealue: Luonto on ihmiselle edelleen monella tavalla mysteeri. Suurin osa lääketieteen tutkimuksesta on hakuammuntaa. Sydänlääkkeeksi kehitetystä aineesta tuleekin yllättäen potenssilääke. Koe-eläimillä tehdyt onnistuneet kokeet epäonnistuvat usein ihmisillä.

Tietotekniikka mahdollistaa solujen toiminnan yhä tarkemman simuloinnin. Lääkeaineiden vaikutus voidaan simuloinnissa testata yksilön perimää vastaavissa soluissa ja kussakin solutyypissä erikseen. Toisaalta solujen mallintaminen ja simulointi tarjoavat mahdollisuuden suunnitella ja testata geneettisesti muunneltuja organismeja ennen niiden varsinaista kehittämistä. Tämä avaa myös tehokkaan reitin täysin synteettisen elämän luomiselle ja jopa virtuaaliselle elämälle.

Kehityksen yleiskuvaus: Solubiologian tuntemus on kasvanut jatkuvasti. Soluaineenvaihduunta ja signalointi sekä perimän toiminta tunnetaan nyt niin hyvin, että tutkijat pystyvät mallintamaan merkittävimmän osan solun toiminnan kannalta olennaisista vuorovaikutuksista. Ihmisen solujen simulointi lääketestauksen kannalta hyödyllisellä tasolla ei kuitenkaan vielä onnistu, mutta pidetään mahdollisena, että siihen tavoitteeseen päästäisiin 2025 mennessä.

Solujen similointimalleja käytetään keinotekoisten solujen suunnitteluun. Näitä onkin jo tuotettu useaan eri tarkoitukseen. Tutkijat ovat mm. luoneet solun, jonka uskovat vastaavat varhaisia soluja maapallon esihistoriassa ja saaneet sen lisääntymään itse. Keinosolut voivat suorittaa erilaisia tehtäviä, kuten torjua saasteita, tuottaa energiaraaka-aineita tai muita raaka-aineita ja tavaroita.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Pääasiallinen tutkimusmotiivi on akateeminen.

(tiede, yritykset, joukkoistus)

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta oli 2.68 Elämän simulointi solutasolla ja keinosolu. Se sijoittui toiseksi korkeimmalle tasolle. Tuoreina kehitysvaiheina hiivan perimä on 30% osalta vaihdettu synteettiseksi. Synteettinen eliö 6-kirjaimisella DNA:lla on osoittautunut stabiiliksi. Synteettinen bakteeri on toiminnallinen 473 geenillä. Solun simulointimalli ja avoimen koodin synteettinen biologia etenevät. Wyss-instituutissa on kehitetty RNA-pohjainen biotietokone.

Kiinnostavia lähteitä:

Soluaineenvaihdunta, mikrobiome ja tautien genetiikka (7.07)

Teknologiakorin kohdealue: Lääketieteessä ja erityisesti solubiologiassa tapahtuu jatkuvasti merkittävää kehitystä. Solujen aineenvaihdunta, solujen

välinen signalointi ja elinten toiminta ovat kerkityksellinen kokonaisuus erityisesti kasvamisen, hyvinvoinnin ja saisauksien kontekstissa.

Solujen toimintaan vaikuttaa ympäristön lisäksi solujen genetiikka ja epigenetiikka. Näiden ja ympäristön yhteisvaikutus aiheuttaa monia sairauksia ja muita toiminnallisia häiriöitä. Tähän koriin kuuluvat soluaineenvaihdunnan löydökset ja tautien genetiikka. Ihmisen omien solujen tärkein ympäristö on kehon sisäinen mikrobiome eli kaikki ne eliöt, jotka elävät kehossamme.

Kehityksen yleiskuvaus: Solun toimintaa on selvitetty ja yhä tarkempia malleja kehitetty simulointia varten, kuten edellä tässä raportissa on kuvattu. Perimän selvittäminen on muuttunut rutiiniksi. Epigenetiikka eli geenien ilmenemiseen liittyvän säätelymekanismin tila on nouseva tutkimusalue.

Ihmisen itsensä perimän lisäksi voidaan myös saada kasvavassa määrin tietoa ihmisen mikrobiomista. Tämä tarkoittaa ihmisen kehossa eläviä mikrobeja eli pieneliöitä, jotka voivat olla eri eliökunnista, kuten bakteerit, arkeonit, homeet, hiivat ja levät. Näitä on nisäkkäiden kehossa runsaasti osan ollessa hyödyllisiä ja osan haitallisia.

Laaja tiedonsaanti genomista, epigenetiikasta, soluaineenvaihdunnasta ja mikrobiomista yhdistettynä elintapatietoon ja hyvinvointiin mahdollistaa tekoälyn avulla jatkuvasti uusia lääketieteellisiä löydöksiä. Nämä tiedot yksilötasolle palautettuna avaavat myös mahdollisuuden yksilölliseen lääketieteeseen, jossa hoitotavat ovat tiiviissä yhteydessä sekä ympäristöön, elintapaan että perimään.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimus on pääosin akateemisesti motivoitunutta sekä lääketieteen että solubiologien aloilla, mutta lääketeollisuuden ja elintarviketeollisuuden kiinnostus on kasvussa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kori on uusi ja otettu mukaan lääketieteen nopean kehityksen vuoksi. Tuoreita askelia ovat esimerkiksi seuraavat: Ihmisen proteiinikartasta on julkaistu kaksi eri versiota. Niissä on noin 20 tuhatta proteiinia, joista lähes 200 aiemmin tuntemattomia.

Aivojen ja immuunijärjestelmän yhteys on löydetty. Skitsofrenian genetiikka on aiempaa selvemmin tiedossa, kuten myös MS-taudin genetiikka. Bakteeritoimintaa kyetään ehkäisemään liposomeilla. Viruksen on havaittu laukaisevan geliakian.

Mikrobiomihoidolla on pelastettu uhanalainen kasvilaji ja sen käyttöä syöpähoidoissa sekä vanhenemisen ja HIV-potilaiden hoidossa tutkitaan.

Kiinnostavia lähteitä:

Elinten korjaaminen ja takaisinkasvatus, soluviljely (7.08) **

Teknologiakorin kohdealue: Monet sairaudet ja tapaturmat voivat vaurioittaa meidän elimiämme. Kyse voi myös olla synnynnäisestä viasta. Näiden vaurioiden korjaaminen biologisin ja mekaanisin tavoin tai elinten muu parantaminen kuuluu tähän koriin. Soluviljelyn tekniikka kuuluu myös tähän kuitenkin sillä rajauksella, että elintarvikkeiksi viljellyt solut ja viljeltyjen solujen 3D-tulostus keinoelimiksi sekä elintarvikkeiksi ei kuulu tähän ryhmään. Myös kyborgimaiset toiminnallisuudet käsitellään toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Kantasoluja osataan tuottaa muista soluista. Niitä kyetään myös lisäämään ja ohjaamaan niiden erikoistumista. On huomattu, että erikoistuneita soluja, esimerkiksi sydänsoluja, voidaan ruiskuttaa vaurioituneeseen sydämeen. Uudet solut korvaavat vaurioituneita soluja ja ryhtyvät toimimaan uudessa ympäristössään siihen kuuluvalla tavalla.

Mikäli solujen perimää on muutettu ja uusia muutettuja kantasoluja ruiskutetaan ihmiseen, leviää uusi toimintatapa näiden kantasolujen synnyttäessä uusia soluja ympäristöönsä.

Ihmisen erikoistuneita kantasoluja voidaan sijoittaa vieraisiin eläimiin tai ihmiseen itseensä. Näin voidaan saada kasvatettua ihmisen solukkoa ja jopa elin, joka tietyin ehdoin voi kelvata elinsiirtoon. Voidaan myös muuttaa toisen eläimen perimää siten, että sen elimet kelpaisivat ihmiselle siirrettäviksi.

Elinten mekaaninen korjaaminen ja korvaaminen synteettisillä materiaaleilla etenee materiaalitekniikan kehittyessä. Erityisen nopeaa kehitys on liikuntaelimiin ja tukirankaan, luihin ja rustoihin, liittyen.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimus on pääosin akateemisesti ja lääketieteellisesti motivoitunutta. Lääketeollisuuden motiivi kasvaa nopeasti monien yhteiskuntien hyväksyttyä tähän teknologiaan liittyviä hoitomuotoja.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Vastaavat kohdat edellisessä raportissa ovat 2.10 Elinten korjaaminen ja takaisinkasvatus, soluviljely sekä 2.11 Synteettinen ruston korvaaja. Nämä sijoittuivat kolmanteen ja neljänteen ryhmään. Eteneminen on ollut edellisen raportin läpimurtojen jälkeen hyvin laaja-alaista ja nopeaa.

Hampaiden kantasoluimplantteihin soveltuva teknologia on kehitetty. Synteettinen rusto on edennyt potilaskokeiluihin ja ruston uudelleenkasvatusta kehitetään. Hiiren 1. tyypin diabetes on hoidettu viljellyillä kantasoluilla. 90% terminaalivaiheen leukemiapotilaista on toipunut geenimuunneltujen, viljeltyjen T-solujen avulla. Veren tuotantoon kantasoluista on kehitetty tehokas menetelmä. Ihosolukkoa on uudellenohjelmoitu verisuoniksi.

Insuliinia tuottavia soluja on viljelty suuria määriä. Sian 60 geeniä on muutettu siten, että sian elimet sopivat elinsiirtoihin. Hermoston regeneraatiossa on onnistuttu. Immuunijärjestelmää on saatu ”koulutettua” keliakian parantamiseksi. Munuainen on kasvatettu ja useita muita elimiä 3D-tulostettu. Hengittävällä keinoiholla on poistettu vanhuusiän ryppyjä.

Kiinnostavia lähteitä:

Elinten ja biomateriaalien 3D-tulostus (7.09) *

Teknologiakorin kohdealue: Elämä koostuu biologisesta solukosta. Eläimet käyttävät sitä ravinnokseen. Uusia elimiä voidaan myös tarvita vioittuneiden tilalle. Useimmissa tarkoituksissa sekä solukon kunto ja koostumus että muoto ovat olennaisia.

Viljellyistä soluista kyetään 3D-tulostusta käyttäen tuottamaan kudoksia ja rakenteita ilman, että tulostetut solut vaurioituvat. Tämä on tarpeen erityisesti synnytettäessä viljellystä solukosta keinoelimiä. Elävään solukkoon perustuvat keinoelimet soveltuvat myös tutkimustarkoituksiin.

Elintarvikkeiden valmistuksessa biomateriaalien 3D-tulostus vaikuttaa tekstuurin ja koostumuksen kautta makuun ja muotoon. Tähän koriin kuuluvat 3D-tulostetut keinoelimet ja lisäksi elintarvikkeiden ja muiden biomateriaalien 3D-tulostus.

Kehityksen yleiskuvaus: Elintarvikkeiden 3D-tulostus edellyttää hygieniakysymysten ratkaisemista. Elintarvikemateriaaleja ei saa käsitellä tavalla, joka vaikuttaa niiden koostumukseen makua heikentävästi. Tavallisin tapa on pursotus. Sen avulla elintarvikkeisiin saadaan tavallisesta poikkeava muoto tai rakenne. Yksilöllisyys, terveellisyys, maukkaus ja estetiikka voivat olla tavoittena tai tuotannollinen tehokkuus.

Elävien solujen tulostukseen liittyy useita ongelmia hygienian lisäksi. Solujen tulee pysyä elossa sekä tulostuksen ajan että sen jälkeen. Tulostus onnistuu pursotustekniikalla sopivissa olosuhteissa, mikäli kudos on yksinkertainen. Monimutkaisten tiehyeiden ja hiussuonten tulostaminen muun solukon sekaan on merkittävä haaste. Näiden tuottaminen on ainakin toistaiseksi onnistunut vain biologisen kasvatuksen avulla. Suonten paikat on tulostuksessa saatu

pysymään vapaina ja solut hengissä tulostamalla solukkoon imeytyvää materiaalia elimen tulostuksen yhteydessä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimusmotiivi on pääosin akateeminen. Lääketeollisuus ja elintarviketeollisuus ovat osoittaneet varhaista kiinnostusta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.59 Elinten 3D-tulostus, joka sijoittui neljänteen ryhmään. Alue on edennyt nopeasti. Biomateriaalien tulostukseen erikoistuneita 3D-tulostimia on tullut markkinoille. Useita elimiä on tulostettu kokeellisesti ja toiminnallisuuttaan ovat parantaneet mm. luun, ruston, nivelten, ihon, maksan, munuaisten, virtsarakon, verisuonten, munasarjan, aivojen ja muun hermoston 3D-tulosteet.

Sydämen tulostuksen arvellaan onnistuvan 10 vuoden kuluessa. Kapillaarien kasvatus helpottaa elinten 3D-tulostusta. Myös pinaatin lehtiruotoja on käytetty keinoelinten verisuonina ja tulostettavia synteettisiä suonia kehitetään. Kudosnäytteiden tulostus matriiseihin on rutinoitumassa.

Kiinnostavia lähteitä:

.

Dementian ehkäisy ja hoito (7.10) ****

Teknologiakorin kohdealue: Muistisairaudet ovat yksi yhteiskunnan suurista ongelmista. Muistisairas tarvitsee sairauden vakavassa vaiheessa jatkuvaa hoitoa ja on sekä potilaalle itselleen että lähiympäristölle raskas hoivattava. Muistisairaudet kohtaavat ikääntymisen yhteydessä varsin laajaa osaa koko väestöstä eikä taudin perimmäistä syytä tai kunnollista parannuskeinoa ole vielä löydetty.

Kehityksen yleiskuvaus: Alzheimerin tauti, Parkinson ja muut dementiaa aiheuttavat taudit ovat jatkuvan tutkimuksen kohteena niiden aiheuttamien laajojen kärsimysten ja suurten kustannusten vuoksi. Alzheimerin taudin tutkimus on kohdistunut beta-amyloidi -plakin muodostumiseen ja sen ehkäisyyn. Samanaikaisesti tutkitaan taudin syntymekanismia, taudin ennakointia sekä tautialttiutta, taudin oireiden vähentämistä, taudin etenemisen hidastamista ja sen kokonaan parantamista.

Parkinsonin tauti on aivojen rappeutumisesta johtuva häiriö, joka alkaa motorisilla ongelmilla ja etenee myöhemmissä vaiheissa muistihäiriöihin.

Tutkimukselliset tavoitteet ovat laajasti samat kuin Alzheimerin taudin ja muiden harvinaisempien aivosairauksien, kuten Huntingtonin taudin suhteen.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimuksellinen motiivi on sekä lääketieteellinen, yhteiskunnallinen että akateeminen ongelman suuren laajuuden vuoksi. Muistisairaiden läheiset ovat myös yksilöinä motivoituneet tutkimusta rahoittamaan, kuten esimerkiksi Bill Gatesin sadan miljoonan dollarin tutkimusrahoitus Alzheimerin taudin tutkimukseen osoittaa.

(tiede, yritykset, joukkoistus)

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tutkijat ovat kehittäneet ultraäänimenetelmän, joka parantaa 70% hiirten Altzheimer-tapauksista. Tyksissä on jo hoidettu Alzheimer-potilaita ultraäänillä. IL-33 -proteiinin päivittäinen annos on parantanut hiirten Alzheimerin ja estänyt sen uusiutumisen. Dementialta merkittävästi suojaava KLOTHO-geeni on tunnistettu. Amyloidin ja tau-proteiinin merkitystä sekä NCAM2-yhteyttä Altzheimerin synnyssä on selvitetty ja neitsytoliiviöljyn on havaittu vähentävän Alzheimeriin sairastavuutta.

Huntington on saatu hiirillä kuriin ”zinc finger” -geeniterapialla. Parkinsonin hoitoon on kehitetty geeniterapiaa ja kantasoluhoitoja. Oireita ehkäisevää aivojen sähköistä stimulointia on käytetty yhä laajemmin ja varhaisemmissa taudin vaiheissa. Sen käyttöä tutkitaan nyt myös muihin mielen sairauksiin.

Kiinnostavia lähteitä:

Soluviljelty liha ja lihan kaltainen kasviproteiini (7.11) *

Teknologiakorin kohdealue: Me kaikki tiedämme, että ihminen tarvitsee moninaisia pitkiä aminohappoja eläkseen. Yhtätoista näistä proteiineista keho osaa itse valmistaa ja yhdeksän tarvitaan ravinnosta. Luontaisin proteiinilähde ihmiselle on eläimen liha. Monissa kasveissa on runsaasti proteiineja, mutta vain eläinkunnan tuotteissa proteiinikoostumus on ihmiselle sopiva sellaisenaan.

Kasvissyöjien on valittava ravintonsa huolellisesti saadakseen riittävästi kaikkia tarpeellisia aminohappoja. Karjatalous ja kalanviljely tuottavat helpommin tarpeet tyydyttävän aminohappokoostumuksen, mutta ne kuormittavat ympäristöä huomattavasti muuta maataloutta enemmän. Lihankaltaisten kasviproteiinien ja viljellyn lihan tavoitteena on karjatalouden

korvaaminen tehokkaammin menetelmin kadottamatta lihan ravintoarvoja ja mukautuen lihansyöjien makutottumuksiin ja mieltymyksiin..

Kehityksen yleiskuvaus: Kantasolutekniikan kehitys on tehnyt mahdolliseksi eläinperäisten solujen viljelyn ravintoliuoksessa. Lihassolujen viljely ja tulostaminen kudoksiksi muistuttaa tekniikkana raportissa toisaalla käsiteltyä keinoelinten kasvatusta. Haasteena on tuotannon kustannustehokkuus ja lopputuotteen rakenteen ja maun saaminen hyväksyttävälle tasolle. Kehitystyötä voidaan rahoittaa harvinaisuuksien ja elämysten avulla, koska viljellyn lihan perimä voi olla peräisin harvinaisista tai jopa jo sukupuuttoon kuolleista eläimistä. Soluja voi myös geenimuunnella ja viljellä ihmisen kannalta terveellistä ja maukasta lihaa.

Kasvisperäisiä lihaimitaatioita on kehitetty pitkään. Ensisijainen huomio on kiinnitetty proteiinipitoisuuteen, rakenteeseen ja makuun. Näistä maukkaus ja rakenne ovat edelleen haasteita, kuten myös tasapainoinen proteiinikoostumus. Valtaosa ihmisistä syö edelleen eläinperäisiä tuotteita kasvispohjaisten sijaan, koska näitä asioita ei ole ratkaistu heitä tyydyttävällä tavalla.

Hyönteisperäinen proteiinituotanto on yleistymässä. Tuottavuudessaan ja ravitsevuudessaan se on jo nyt hyvällä tasolla, mutta maukutottumukset ovat edelleen haaste, kuten kasvisperäisissä lihaimitaatioissa. Uusin kehitetty teknologia on proteiinituotanto yksisoluisten eliöiden avulla sähköstä, hiilidioksidista ja vedestä sekä vähäisistä muista ravinteista. Kokeellisen menetelmän suurin ongelma toistaiseksi on sen heikko hyötysuhde.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Osa tutkimuksesta on akateemisesti motivoitua, mutta valtaosin kehitystyö on elintarviketeollisuuden ja kasvissyöjien tarpeiden motivoimaa sekä riskisijoittajien ja startup-yrittäjien tähän perustuvien uusien tuotealueiden etsinnän motivoimaa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.69 Soluviljelty liha ja lihan kaltainen kasviproteiini, ja se sijoittui neljänteen ryhmään. Synteettisen viljellyn lihan tuotantokustannus on laskenut hyvin nopeasti. Kasvispohjainen kananmunajäljitelmä vastaa nyt laadultaan oikeaa kananmunaa. Kasvispohjaisiin lihajäljitelmiin on löydetty hernekasvien juurista veren maun aikaansaava ainesosa.

Keinoliha on saanut merkittävää rahoitusta ja kaupallistuu. Kiina on tilannut 300 miljoonalla dollarilla viljeltyyn lihaan perustuvia tuotteita israelilaisyrityksiltä. Eu on hyväksymässä hyönteiselintarvikkeet ja

hyönteisruoan kasvatus tuotteistuu. VTT on onnistunut tuottamaan proteiineja vesiliuoksessa yksisoluisen eliön, sähkön ja hiilidioksidin avulla.

Kiinnostavia lähteitä:

LED-viljely, kaupunkiviljely ja robottiviljely (7.12)

Teknologiakorin kohdealue: Lähes koko elintarviketuotantomme perustuu kasvien viljelyyn joko ihmisten ruoaksi tai karjan rehuksi. Maanviljely aiheuttaa monia haittoja maan eroosion, lannoite- ja torjunta-ainepäästöjen, kasvitautien ja tilavaatimustensa vuoksi. Elintarviketuotantoa voidaan robotisoida siten, että tuottavuus nousee ja haitat vähenevät. Tuotannon siirtäminen kerrosviljelynä sisätiloihin on myös avautuva mahdollisuus keinovalon hyötysuhteen kehittyessä.

Kehityksen yleiskuvaus: Kasvit tarvitsevat valoa ja ravinteita. LED-valojen jatkuva halpeneminen, aallonpituuden rajaaminen kasveille sopivaksi ja hyötysuhteen parantuminen kasvattavat sisäviljelyn kannattavuutta. Kerroksittainen kasvatus keinovaloilla on tehtävissä ympärivuotisena, säältä suojattuna ja päästöttömänä suljettuna kiertona. Sopivien lajikkeiden, valojen kohdistamisen ja ajoituksen sekä ravinnepitoisuuksien kehittäminen kuuluvat olennaisiin kehityskohteisiin. Sisäviljely on mahdollista toteuttaa kaupunkialueilla hajautetusti. Logistiikka- ja varastointitarve on vähäinen.

Sekä ulko- että sisäviljely hyötyvät robotiikasta. Henkilökustannusten vähentämisen lisäksi robotit kykenevät tekemään istutuksen, kastelun, lannoituksen ja korjuun osalta hyvin pikkutarkkaa työtä. Peltoviljelyssä robotti esimerkiksi kykenee tunnistamaan maaperän ravinnepitoisuudet tai rikkakasvit ja lannoittamaan kasvit sekä eliminoimaan rikkakasvit tarpeen mukaan.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi on osin akateeminen, mutta pääosin kaupallinen asiakastarpeen sanelema. Uudet mahdollisuudet motivoivat myös teknologiakehittäjiä laajasti sekä riskisijoittajia ja startup-yrityksiä osallistumaan kehitykseen ja uusien liiketoimintamallien etsintään.

(tiede, yritykset, joukkoistus)

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kori on uusi ja lisätty, koska sekä LED-viljely että maatalouden robotisaatio etenevät nopeasti ja kytkeytyvät toisiinsa. Japanissa on teollisuushalliin perustettu viljelmä, joka tuottaa 10 tuhatta salaatinkerää päivässä. Vastaavanlaisia on laajassa mitassa käynnistetty

muualle, esimerkiksi Lontoon keskustan kellareihin. Suomessa kaupallisen LED-viljelyn on ensimmäisenä aloittanut Silmusalaatti. Fujitsu on ilmoittanut perustavansa koelaitoksen Suomeen. Sisäviljelyn robotisaatio on yksi keskeinen tavoite.

Markkinoille on nopeasti tullut konttikokoisia automaattisia kasvatustiloja sekä kotitalouksiin tarkoitettuja kasvatuslaitteita. Tuotteistettu konttikasvatus on vuokralaitteena tarjolla 20 tuhatta euroa vuodessa. Sekä sisä- että ulkoviljelyrobotteja on kehitetty monille eri lajikkeille. Tomaatteja viljellään autiomaassa merivedellä ja aurinkoenergialla. Ohran kylvö ja sadonkorjuu on saatu toteutettua täysin robotisoituna.

Kiinnostavia lähteitä:

Kasvi- ja eläinkuidut, nanosellu (7.13) ****

Teknologiakorin kohdealue: Sekä kasveja että eläimiä käytetään kuitujen tuotantoon toisaalla käsiteltyjen nanomateriaalien ja perinteisten synteettisten kuitujen lisäksi. Kuituja käytetään kankaina, vetolujuutta vahvistavina seosaineina ja elintarvikkeissa. Eloperäisiä kuituja käytetään myös eristeinä ja pakkausmateriaaleina monissa eri tarkoituksissa.

Kehityksen yleiskuvaus: Yleisin saatavilla oleva kuitu on selluloosa. Se on lähes kaikkien kasvien rakenneaine. Puhdasta selluloosaa tuotetaan erottamalla kasvista, esimerkiksi puusta, hemiselluloosa ja ligniini. Selluloosa on paperin pääraaka-aine.

Muuntokuiduista puhutaan, kun selluloosan rakennetta muutetaan. Pilkottuna mikrokuituselluksi tai nanoselluksi sen ominaisuudet muuttuvat. Siitä saadaan kankaita, muoveja tai syötävää elintarvikkeisiin sopivaa ainetta. Nanosellun rakenne vaikuttaa sen käyttöominaisuuksiin hyvin paljon ja kehitys painottuu sekä tuotantomenetelmien että tuoteominaisuuksien ja käyttösovellusten kehittämiseen.

Perinteisiä kuituja, kuten silkkiä ja monia kasvikuituja, kuten puuvillaa kehitetään edelleen. Aiemmin vain harvoin käytettyjä materiaaleja, esimerkiksi sienten rihmastoja ja hämähäkinseittiä tutkitaan. Tavoitteena ovat uudentyyppiset ominaisuudet, tehokkaat tuotantoprosessit ja kaupallinen sovellettavuus. Lopputuotteet voivat olla rakennusmateriaaleja, pakkauksia, asusteita ja monia kuluttajatuotteita ja ne voivat olla esimerkiksi erittäin lujia, läpinäkyviä, huokoisia tai tiiviitä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tuotekehitystä tehdään laajasti. Motiivit ovat sekä akateemisia että teollisia. Erityisesti sivuvirtojen arvoa pyritään

nostamaan. Kehitysvaiheesta ja menetelmän uutuuden asteesta riippuen tavoitteet voivat olla myös välittömästi kaupallisia.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset: Metsä Group, VTT, IONCell,…

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaava kohta on 2.78 Nanosellu ja mikrokuitusellu. Tuore markkinatutkimus ennakoi nanosellulle yli 20% kasvua ja lähes 300 miljoonan euron markkinaa vuoteen 2020 mennessä. Nanosellusta kehitetty aerogeeli on tulenkestävä supereriste. Nanosellua kyetään valmistamaan tehokkaasti perunasta.

Puumateriaali on saatu läpinäkyväksi. Maitoproteiinista on valmistettu syötävä pakkaus. Silkki säilyttää hedelmät tuoreena. Hämähäkin seitti ja silkki saavat kaksinkertaisen lujuuden, kun toukille tai hämähäkeille syötetään nanohiiliä.

Kiinnostavia lähteitä:

Uudet radikaali hoitomenetelmät (7.14)

Teknologiakorin kohdealue: Tähän koriin on koottu sellaisia radikaaleja hoitomenetelmiä ja muita biologisesti radikaaleja toimenpiteitä, joista jotkut saattavat nousta merkityksellisiksi. Koriin kuuluvat ne radikaalit hoidollisesti lupaavat toimenpiteet, jotka eivät kuulu muihin koreihin.

Kehityksen yleiskuvaus: Ihmisen sairauksien hoidossa käytettäviin menetelmiin liittyy lukuisia ongelmia. Taudit sopeutuvat käyttämiimme hoitoihin. Traumapotilaat saattavat kuolla nopeammin kuin ne ehditään hoitaa. Moniin tauteihin löydetään uusia rokotteita ja elimistön omaa toiminnallisuutta kyetään parantamaan.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tässä korissa on sekä lääketeollisuuden uusien lääkkeiden toivossa suorittamaa kaupallista tutkimusta että akateemisesti motivoitua tutkimusta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kori on uusi. Tuoreita havaintoja ovat esimerkiksi seuraavat: Traumapotilaan jäähdyttämistä ja elintoimintojen pysäyttämistä kokeillaan hoitoajan pidentämistarkoituksessa. Kanin aivot on

jäädytetty rakennetta rikkomatta. MRSAhan tehoava antibiootti on löydetty. Kolesterolirokotetta ja malariarokotetta tutkitaan. Lyhytmuistia on parannettu metyylinsinisellä. Aivovammoista on havaittu syntyvän lahjakkuuksia. Syöpäsoluja on tuhottu punaisella valolla sekä nanoraudan katalysoimana. Antibiootteja yritetään korvata sähköhoidolla. Kuusen pihkan terveysvaikutuksia tutkitaan.

Kiinnostavia lähteitä:

1.6. Energiateknologia

Energiateknologia kehittyy nopeasti. Aurinkoenergian kuluttajistuminen on useissa maissa merkittävä trendi. Yhdessä akkuteknologian ja polttokennojen kehityksen kanssa sen ennakoidaan esimerkiksi Australiassa mahdollistavan kannattavan irtautumisen sähköverkosta vuoteen 2020 mennessä jopa joka toiselle kotitaloudelle.
Aurinkoenergian ja tuulienergian kasvu lisää energian hinnanvaihteluita. Hajautettu energiatuotanto omaan tarpeeseen vähentää sähkön siirtoverkon käyttöä samalla nostaen sähkön siirron yksikkökustannuksia. Hinnanvaihteluiden kasvu parantaa energiavarastojen, kannattavuutta ja lisää pohjoisissa oloissa erityisesti lämpövarastojen merkitystä. Akkuteknologian kehitys tukee liikenteen sähköistymistä. Näköpiirissä on myös lentoliikenteen sähköistyminen. Polttokennojen kehitys ja synteettisten polttoaineiden tuotanto aurinko- ja tuulienergialla avaavat mahdollisuuden hyötyä aurinko- ja tuulienergiasta pohjoisissakin oloissa kaikkina vuodenaikoina.

Halventuva, tehostuva ja keventyvä aurinkosähkö (8.01) ****

Teknologiakorin kohdealue: Motivan lukujen mukaan kullekin eteläisen Suomen vaakaneliömetrille osuu vuosittain keskimäärin 1.000 kWh:n suuruinen säteilyenergia. Tämä tarkoittaa kotitalouden tavallisesti maksaman sähkön hinnan mukaan noin sadan euron arvoista energiamäärää, mikäli se kyettäisiin kokonaan käyttämään ostetun sähkön korvaajana. Hehtaarin laajuiselle alalle laskettuna summa olisi miljoona euroa. Sähkön noin 3 sentin tuotantokustannuksella kWh-kohtaisesti laskettuna ja 20% hyötysuhteella korjattuna summa hehtaaria kohden on edelleen merkittävä 60 tuhatta euroa. Tätä voi verrata kestävään, keskimääräiseen metsän vuosittaiseen myyntituloon, joka on 200-300 euroa hehtaarilta.

Aurinkoenergia tarjoaa mahdollisuuden vähentää fossiilisen energian kulutusta ja riippuvuutta sähköverkosta. Aurinkopaneeleiden uskotaan vaikuttavan merkittävästi esimerkiksi tulevaisuuden keveisiin lentolaitteisiin ja avaruudessa ne ovat käytännössä satelliittien ainoa merkittävä energialähde.

Kehityksen yleiskuvaus: Asennetun aurinkoenergian hinta on laskenut pitkällä aikajaksolla 7-15% vuosittain. Tutkimusten mukaan hinnanlasku voi

jatkua vielä pitkään. Ohutkalvotekniikalla aurinkopaneelit saadaan joustaviksi, kevyiksi ja helposti muihin rakenteisiin integroitaviksi ja niihin tarvitaan jatkossa yhä vähemmän arvokkaita materiaaleja. Ohutkalvotekniikan haasteena on ollut alhainen hyötysuhde, joka on jatkuvasti kuitenkin parantunut.

Kalvojen kestävyyttä ja niiden raaka-ainekoostumusta on kehitetty. Perovskiittia ja nanohiiliä tutkitaan erityisen aktiivisesti lupaavina materiaaleina tarkoituksena korvata arvokkaat tai valmistusprosessin ja ympäristön kannalta ongelmalliset raaka-aineet. Haasteina ovat kestävyyden ja hyötysuhteen lisäksi materiaalien soveltuvuus tehokkaaseen rullalta rullalle -tyyppiseen prosessiin. Tavoitteena ovat materiaalit, joilla kannattaa pinnoittaa tavallisia kattotiiliä, kattopeltejä ja ulkoverhouspaneeleja.

Aurinkopaneeleilla suunnitellaan peitettävän tiepintoja, rakennusten seiniä ja näkyvän valon läpäisevillä paneeleilla myös ikkunapintoja. Aurinkoenergian on laskettu jo useissa maissa alittaneen pariteetin sähköverkosta saatavan sähkön kanssa ja takaisinmaksuajat lyhenevät jatkuvasti. Aurinkoenergiainvestoinnit kasvavat jatkuvasti globaalitasolla.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi on radikaaleissa teknologioissa akateeminen ja yhteiskunnallinen, mutta lähellä kaupallistumista olevissa teknologioissa asiakaskysyntään ja kaupalliseen kilpailuun perrustuva. Kehitystyö on laajaa, hyvin resursoitua ja monimuotoista.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaavat korit olivat 2.82 Nopeasti halventuva aurinkoenergia ja 2.83 Tehokkaat kevyet aurinkopaneelit, jotka sijoittuivat ensimmäiseen ja kolmanteen ryhmään.

Kaupallisten ohutkalvojen hyötysuhde on noussut 5% tasolta 14% tasolle. Laboratoriotasolla ohutkalvoissa on ylitetty 20% hyötysuhde. Aurinkopaneelien asennetut määrät globaalisti ovat jatkaneet nopeaa kasvua. Monet tuotteet ovat yleistyneeet, joissa aurinkopaneelit on integroitu muihin rakennusmateriaaleihin.

Laboratoriotasolla menetelmiä yhdistävillä aurinkokennoilla on ylitetty 40% hyötysuhde Joustava grafeeenipohjainen kalvo on saavuttanut 15.6% hyötysuhteen. Perovskiittikenno on 11% hyötysuhteella kestänyt 10 tuhatta tuntia ja ohutkalvoperovskiittikennon hyötysuhde-ennätys lähestyy 20% tasoa. Ikkunoihin tarkoitettu kokeellinen aurinkopaneeli on saatu viileänä kirkkaaksi ja auringonpaisteessa tummaksi ja sähköätuottavaksi. Aurinkoenergian hinnan

ennakoidaan edelleen merkittävästi laskevan 2020-luvulla ja hyötysuhteen paranevan.

Kiinnostavia lähteitä:

Aurinkolämpö, lämpövarastot ja lämpö sähköksi (8.02) ***

Teknologiakorin kohdealue: Auringon säteily lämmittää Helsingin tasolla jokaista neliömetriä 1.000 kWh:n verran vuositasolla. Käyttöveden lämmitys hoidetaan lämpimissä maissa rutiininomaisesti aurinkolämpökeräimillä. Aurinkolämpöä on mahdollista käyttää myös muuhun lämmitykseen. Pohjoisissa oloissa aurinkoenergia on kuitenkin vähäisimmillään silloin, kun lämmityksen tarve on suurin. Aurinkolämpöä pyritään tämän vuoksi pohjoisissa oloissa varastoimaan kesällä talven varalle. Tähän koriin kuuluu myös lämpötilaerojen suora muuttaminen sähköksi.

Kehityksen yleiskuvaus: Aurinkolämpökeräimiä kehitetään yhä tehokkaammiksi. Tavallisin variaatio on sellainen, jossa keräimessä kiertävä neste kulkee lämmitettävään veteen ja, jos se on riittävän lämmintä, siitä edelleen esimerkiksi maaperään. Maaperän lämmittäminen keräimen jäähdytyksen yhteydessä, maalämpöjärjestelmän putkiston avulla on erityisen hyödyllistä, jos käytetään maalämpöä, koska maaperä säilyttää lämpöä melko hyvin ja pitkään maaperätyypistä riippuen. Lämmin maaperä tehostaa maalämmön toimintaa. Lämpöä pyritään myös varastoimaan niinkutsuttuihin lämpöakkuihin eli eristettyihin lämpöä varastoiviin materiaaleihin.

Keskittävä aurinkoenergia kokoaa peilien avulla auringonsäteitä joko aurinkosähköpaneeleihin tai sähköksi muutettavaksi lämmöksi. Menetelmä kehittää tyypillisesti niin vähäisen lämpötilaeron, jota ei kannata sähköksi muuttaa. Varastoituna lämpönä se kuitenkin olisi hyödyllistä. Tämän energian varastointi ja käyttö ovat kehityksen kohteena.

Lauhdelämmön muuttamista sähköksi tutkitaan laajalti. Kyse on Seebeck-efektistä, jossa lämpötilaero voidaan muuttaa sähköksi päinvastaisella tavalla kuin jääkaapit muuttavat sähkön lämpötilaeroksi. Efektin avulla voidaan parantaa lämpöä tuottavien prosessien hyötysuhdetta. Lämpötilaeron sähköksi muuttavia termoelementtejä pyritään kehittämään tarvittavan lämpötilaeron pienentämiseksi ja hyötysuhteen parantamiseksi sekä materiaalien tuotantokustannusten laskemiseksi.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Lämpökeräimiä ja lämpövarastoja kehitetään kaupallisista syistä. Uudentyyppisisssä ratkaisuissa tutkimusmotiivi on akateeminen tai pitkän tähtäimen kaupallinen tavoite. Kehitys on kohtuullisen laajaa ja mukana on startup-yrityksiä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Aurinkolämmön talteenottoon ja varastointiin on julkaistu useita kotimaisia tuotteita ja tuotekonsepteja, kuten Polarsol, Solixi ja Ahood. Espooseen on tekeillä geoterminen voimala. IBM on julkaissut aurinkokeräimen, jonka hyötysuhde on 75% ja, joka tuottaa osin sähköä, osin lämpöä ja puhdasta vettä. Aurinkolämmön varastointia tutkitaan faasimuunnokseen perustuen. Aurinkolämmön varastointiratkaisut ovat siirtymässä markkinoille ja ratkaisut kehittyvät melko nopeasti.

Kiinnostavia lähteitä:

Energian massiivinen varastointi sähkövarastoihin (8.03) ***

Teknologiakorin kohdealue: Yhteiskunta käyttää runsaasti energiaa lämmitykseen, liikkumiseen ja monenlaisiin teollisiin prosesseihin. Koska energiatarve vaihtelee esimerkiksi vuorokaudenajasta, vuodenajasta ja säätilasta riippuen ja myös osa energiatuotannosta on kausittaista, tarvitaan joko energian tuotannossa säädettävyyttä tai kyky varastoida energiaa.

Tässä korissa energian varastointina ei pääsääntöisesti pidetä esimerkiksi öljysäiliöitä tai hiilikasoja, vaan keskitytään erityisesti sellaisiin energiavarastoihin, joissa sähköenergia muutetaan toiseen muotoon ja varastoidaan myöhempää käyttöä varten palautettavaksi takaisin sähköksi. Liikkuviin laitteisiin tarkoitetut ja muut pienet akut käsitellään toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Energiaa pyritään varastoimaan moniin eri muotoihin. Potentiaalienergiaa kehitetään pumppuvoimaloina sekä vettä patoaltaisiin, korkeisiin torneihin että kaivoksista tai meren pohjan säiliöistä pumppaavien laitosten avulla. Potentiaalienergiaa pyritään varastoimaan lisäksi mekaanisena massana, erimerkiksi vuoren rinteeseen vedettäviin vaunuihin ja hyrräenergiaksi. Myös paineeseen varastoidaan energiaa sekä korkeapaineistettuihin säiliöihin, luoliin että meren pohjaan.

Sähkökemiallisten ilmiöiden avulla useat aineet saadaan reagoimaan sähkön, valon tai lämmön avulla ja palauttamaan varastoimansa energia myöhemmin toisen reaktion avulla. Näihin reaktioihin pyritään löytämään mahdollisimman kestäviä ja edullisia materiaaleja.

Suurtehoakuissa puhutaan varastoidun energian määrästä, lataus- ja purkutehosta, sähköstä sähköön -hyötysuhteesta ja lataus-purkusyklien määrästä ennen kuin suoritusteho merkittävästi alenee. Osa akuista toimii vain kuumina ja, jos akun hyötysuhde on alhainen, on hyvä huomata akun kuumenevan runsaasti. Tällainen akku vaatii käyttötilanteessa jäähdytystä.

Tehon ja energian hinta on useissa suurtehoakuissa arvioitava erikseen, koska tekniikasta riippuen niiden keskinäinen suhde vaihtelee suuresti.

Massiiviset energiavarastoinnin ratkaisut ovat pitkään olleet perinteisiä patoaltaita. Muu tuotannon vaihtelu on toteutettu käynnistämällä tai sulkemalla säätövoimaa tarjoavia laitoksia tarpeen mukaan. Uusiutuvan energian lisättyä säätötarvetta ja teknologian kehityttyä, ovat akkumaiset ratkaisut alkaneet yleistyä ja kehityksen ennakoidaan voimistuvan nopeasti.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Suurten energiavarastojen kehityksessä akateeminen motiivi on edelleen voimakas, mutta kaupallinen ja kilpailullinen motiivi on nopeasti laajenemassa nopean markkinakasvun vuoksi.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta oli 2.90 Energian massiivinen varastointi suurtehoakkuihin ja se sijoittui toiseen ryhmään. Useat tuolloin lupaavat teknologiat ovat edenneet tuotantoon ja kehitys on nyt olennaisesti laajempaa kaikilla osa-alueilla.

Akkutehon vuosilisäyksen arvioidaan monikymmenkertaistuvan vuoteen 2026 mennessä samalla, kun energian varastointikulujen arvioidaan laskevan 70% vuoteen 2030 mennessä. Tesla on julkaissut LI-suurtehoakkunsa kiinteistöjen varavoimaksi ja sähköverkon kuormantasaukseen ja käynnistänyt $5MRD Gigafactorynsä tuotannon. EOS on julkaissut Aurora-nimellä $160/kWh hintaisen sinkkihybridiakkunsa ja sitoutuu laskemaan hinnan $95/kWh:iin vuonna 2022.

Kehitteillä olevan Flow-akun materiaalikustannus on $20-$30 / kWh, kesto toistaiseksi vasta 1500 tuntia. Alumiiniakku, natrium-magnesiumakku, sinkkimangaanioksidiakku ja monet muut akkumateriaalit etenevät kokeiluissa kohti kestäviä rakenteita. Tuulivoimaloihin on yhdistetty pumppuvoimaloita useilla eri tavoilla.

Kiinnostavia lähteitä:

Kevyet tai nopeasti ladattavat akut sekä kondensaattorit (8.04) ****

Teknologiakorin kohdealue: Siirrettävät koneet ja elektroniikkalaitteet tarvitsevat voimanlähteen. Polttomoottorit, aurinkopaneelit ja muut primäärienergianlähteitä hyväkseen käyttävät ratkaisut ovat usein epäkäytännöllisiä akkuihin verrattuna.

Sähkömoottoreiden sekä kannettavien elektroniikkalaitteiden ja sähköverkon ulottumattomissa liikkuvien robottien yleistyminen on kasvattanut nopeasti kevyiden, energiatiheiden ja nopeasti ladattavien akkujen kysyntää. Sähköverkon kuorman tasauksen sähkövarastot käsitellään toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Akuilla on viisi tärkeää ominaisuutta: energiatiheys kuvaa varastoitavan energian määrän kiloja tai litraa kohden. Teho kuvaa se, miten paljon energiasta saadaan käyttöön aikayksikköä kohden. Hyötysuhde kuvaa, kuinka suuri osa energiasta saadaan hyötykäyttöön muun lähinnä lämmittäessä akkua. Latauskertojen määrä kuvaa sen, kuinka monta lataus-purkusykliä akku kestää suorituskyvyn heikkenemättä. Latausnopeus kuvaa ajan, joka vaaditaan akun täyteen lataukseen. Näiden kaikkien tulisi olla hyväksyttävällä tasolla, jotta akun käyttö olisi mielekästä.

Mainittujen piirteiden lisäksi akkumateriaalien edullisuus, valmistusprosessin tehokkuus ja lopputuotteen turvallisuus ovat tärkeitä ominaisuuksia ja näitä kaikkia kehitetään. Useissa tutkimuksissa raportoidaan kehityksenä yksittäisen ominaisuuden huippuarvo, vaikka kokonaisuus olisi käyttökelvoton. Akkuteknologiassa tutkimusjulkaisujen lukeminen on useita muita tutkimusalueita haastavampaa, koska mielekäs tavoite koostuu niin monista eri osista, jotka kaikki vaikuttavat toisiinsa.

Monet kehityshankkeet ovat edenneet lupaavasti. Valtavirtateknologia on litium-ioni -akku, joka on pitänyt puoliaan kahdesta syystä. Se on ensinnäkin kehittynyt jatkuvasti monien inkrementaalisten ja tuotannollisten innovaatioiden vuoksi. Toiseksi sillä on suurten tuotantomäärien vuoksi mittakaavaetu puolellaan. Kilpailevan teknologian tulisi olla todella merkittävästi parempi, jotta suurinvestointeja pitkälle automatisoituun valmistusteknologiaan ja vastaaviin mittakaavaetuihin kannattaisi tehdä. Merkkejä on, että uudet teknologiat olisivat nyt ylittämässä näitä rajoja.

Kemiaan perustuvien akkujen sijaan kondensaattorit ovat elektronien varauskykyyn perustuvia laitteita, joihin ei liity varsinaisia sähkökemiallisia reaktioita. Kondensaattoreissa varauskyky perustuu laajaan pintaan, jossa elektronit voivat kulkea. Latausnopeus ja purkunopeus ovat tavallisesti hyvin suuria ja kuluminen olematonta. Kondensaattoreita käytetään nopeisiin varastointi- ja purkutarpeisiin, mutta myös akkujen tavoin, jos niiden energiatiheys on riittävä. Kondensaattorikehitys on vauhdittunut nanomateriaalien ja erityisesti ohuiden pintojen hallinnan parantuessa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimus etenee merkittävällä nopeudella sekä akateemisesti motivoituna, suurten valmistajien kilpailullisista syitä ja riskisijoittajien rahoittamien startup-yritysten voimalla.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kori on 2.89 Kevyet tehokkaat nopeasti ladattavat akut ja kondensaattorit ja se sijoittui ylimpään ryhmään. Kehitys on jatkunut nopeana. Yritykset ovat kehittäneet useita menetelmiä, joilla Litium-ioniakun energiatiheyttä, latausnopeutta ja kestävyyttä saa merkittävästi parannettua. Haastajateknologiat ovat saavuttaneet laboratorioissa merkittäviä suoritusarvoja. Storedot-akku ja Toshiban SCiB-akku latautuvat viidessä minuutissa. BroadBit kehittää myös viidessä minuutissa ladattavaa natrium-akkua.

Kalifornian yliopiston kehittämä nanolankoihin perustuva nopeasti ladattava akku kestää yli 200.000 latauskertaa suorituskyvyn kärsimättä. Litium-ilma –akun kehitys etenee, tavoitteena on polttonesteitä vastaava teho-painosuhde. Litium-rikkiakun energiatiheys on kymmenkertainen nykyisiin LI-akkuihin verrattuna, mutta tutkijat ovat toistaiseksi onnistuneet saamaan aikaan vasta 50 latauskertaa kestävän version. Biosolar ennakoi kehitysvaiheessa olevalle polymeeriakulle $54/kWh -hintaa ja 1kWh/kg-energiatiheyttä. Selluloosasta ja grafeenista kehitetään superkondensaattoreita, joiden kapasiteetti lähestyy nykyisiä akkuja, mutta latausnopeus ja latauskertojen kesto on kertaluokkia suurempi.

Kiinnostavia lähteitä:

Synteettiset polttoaineet ja keinotekoinen fotosynteesi (8.05) *

Teknologiakorin kohdealue: Fossiilisten polttoaineiden käytöstä aiheutuu hiilidioksidipäästöjä, jotka aiheuttavat ilmastonmuutoksen. Pyrittäessä hiilineutraaliin yhteiskuntaan, tulisi kaikki se, mikä poltetaan luoda uudelleen ilmaan päässeestä hiilidioksidista. Hiilidioksidia ja vettä voidaan esimerkiksi aurinko- ja tuulienergian avulla muuttaa polttonesteiksi. Fotosynteesi on tähän tarkoitukseen biologiasta tuttu menetelmä, jota tulisi kyetä matkimaan.

Synteettisillä polttoaineilla voi olla useita etuja fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. Esimerkiksi puhtaus tai muu koostumus voi helpottaa niiden käyttöä. Polttonesteiden syntetisointi on myös tapa varastoida energiaa helposti varastoitavaaan muotoon.

Kehityksen yleiskuvaus: Helpoin keino synteettisten polttonesteiden tuottamiseen perustuu veden hajoittamiseen sähkön avulla vedyksi ja hapeksi. Vety itsessään on tavoittelemisen arvoinen tuote. Se voidaan metanoida hiilidioksidin kanssa helpommin varastoitavaan muotoon. Vaadittuja kemiallisia prosesseja voidaan tehostaa erilaisten katalyyttien ja erotustekniikan keinoin siten, että energiaa kuluu mahdollisimman vähän. Tavoitteena voi myös vedyn sijaan olla nestemäinen muurahaishappo tai

monimutkaisempia nestemäisiä hiilivetyjä, joiden varastointi ja käyttö polttomoottoreissa ja polttokennoissa on kaasuja yksinkertaisempaa.

Sähkön sijaan voidaan matkia biologiaa ja valmistaa katalyyttejä, joiden avulla valo suorittaa tarvittavan työn. Valitussa materiaalissa vesi ja hiilidioksidi voivat valon vaikutuksesta suoraan yhdistyä hiilivedyiksi ja vapauttaa happea kuten kasveissa tapahtuu. Tätä kutsutaan keinotekoiseksi fotosynteesiksi, mikäli käytetyt materiaalit ovat synteettisiä. On myös mahdollista käyttää tarkoitukseen geenimanipuloituja bakteereja. Sopivien materiaalien kustannus, hyötysuhde ja kestävyys ovat tavoiteltuja ominaisuuksia.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi on pääosin akateeminen tai yritysten pitkän tähtäimen tavoite. Yhteiskunnallinen motiivi on selkeä, mutta se näkyy ennen kaikkea tutkijoiden henkilökohtaisena harrastuneisuutena. Yhteiskunnan rahoitus ei vastaa ratkaistavan ongelman laajuutta.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.84 Keinotekoinen lehti, synteettisesti polttoainetta auringonvalosta ja hiilidioksidista, ja se sijoittui neljänteen ryhmään. Kehitys on edennyt nopeasti yhä tehokkaampiin ja pidempikestoisiin koelaitteisiin.

Aurinkoenergian muuttamisessa vedyksi on saavutettu laboratoriotasolla jo yli 20% hyötysuhde. 14% hyötysuhteella on saavutettu 40 tunnin kesto. Vetyä on tuotettu sähköstä yli 80% hyötysuhteella ja metaanituotannossa hyötysuhde on ylittänyt 50%. MOF-materiaaleja kehitetään synteettisten polttonesteiden tuotantoon. GMO-bakteerin avulla auringonvaloa on muutettu etikkahapoksi 80% hyötysuhteella. 100 tuntia kestänyt nanokatalyytti on pelkistänyt valon avulla hiilidioksidia hiilimonoksidiksi. Etanolin tuotantoa elektrokatalyysin avulla kehitetään myös jatkuvasti ja siinä on saavutettu yli 50% Faraday-tehokkuus. Propaanin tuotantoon geenimuunneltujen bakteerien avulla on löytynyt menetelmä. Leväkasvusto on saatu tuottamaan sähköä.

Kiinnostavia lähteitä:

Halpa pieni polttokenno (8.06)

Teknologiakorin kohdealue: Paikallinen energiantuotanto on verrattain yksinkertaista polttomoottorin avulla, mikäli tarvitaan mekaanista energiaa ja polttamalla polttoaineita, mikäli tarvitaan lämpöenergiaa. Sähkön tuotanto on

näillä keinoin kuitenkin tehotonta ja muut keinot, kuten aurinkoenergia tai tuulienergia ovat pohjoisissa oloissa vaihtelevasti saatavilla.

Pitkäaikaiset ja suurikapasiteettiset sähkövarastot ovat hyvin arvokkaita. Polttokenno tarjoaa esimerkiksi diesel-aggregaattia paremman ratkaisun hajautettuun sähköntuotantoon. Kyse on meluttomasta ja saasteettomasta laitteesta, joka muuttaa polttoaineen suoraan sähköksi ja lämmöksi.

Kehityksen yleiskuvaus: Polttokennojen markkinat ovat 2000-luvulla monikymmenkertaistuneet. Laitteita kehitetään mm. vedyn, metaanin, alkoholin ja sokerin käyttöön energialähteenä. Polttokennot kehitettiin alun perin avaruustutkimuksen ja muiden vaativien olosuhteiden sänköntarpeisiin. Nyt niiden avulla tuotetaan varavoimaa laskentakeskuksiin, sähköä ja lämpöä rakennuksiin ja sähköä moniin sähköverkon ulottumattomissa oleviin kohteisiin sekä vetyautoihin.

Polttokennot toimivat katalyyttisten materiaalien avulla siten, että osa polttoaineen hapettumisessa vapautuvasta energiasta muuttuu suoraan sähkövirrraksi ja vain osa lämmöksi. Osa polttokennoista vaatii minimilämpötilan, joka on saavutettava ennen sähköntuotannon alkua. Epäpuhtaudet voivat tukkia katalyytit helposti ja polttokennoilla voi muutoinkin olla rajallinen käyttöikä. Polttokennot toimivat vain yhdellä polttoaineella, jota varten ne on tehty.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Polttokennnoja kehitetään sekä akateemisen motiivin että yritysten tuotekehittelyn ja asiakaskysynnän vauhdittamana.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kori on uusi ja perustettu aihealueen kehityksen ja ilmeisen tärkeyden vuoksi. Polttokennojen tehokkuus on ylittänyt selkeästi dieselaggregaatit huomioimatta lämmöntuotantoa. Uusi luonnonkaasulla toimiva Redox Cube on kuutiometrin kokoinen 25kW – tehoinen luonnonkaasua käyttävä laite, joka lupaa yli 54% hyötysuhteen sähköntuotannossa ja yli 80% hyötysuhteen yhdistetyssä sähkön ja lämmöntuotannossa. GE arvioi pääsevänsä jopa 95% energiatehokkuuteen yhdistetyssä sähkön ja lämmöntuotannossa. Mikrobipolttokennot käyttävät E.Coli-bakteeria ja sokeria. Arkkibakteerien avulla on tuotettu metaanista sähköä. Platina on korvattu nikkelillä polttokennossa. Toyota on avannut tuhansia polttokennopatentteja.

Kiinnostavia lähteitä:

Vedyn edullinen säilytys (8.07) *

Teknologiakorin kohdealue: Vety on irroitettavissa vedestä melko tehokkaasti eli hukkaamatta kovin suurta osuutta energiasta lämmöksi. Se on myös yksinkertaisin laittein käytettävissä sähkön, lämmön ja mekaanisen energian lähteeksi. Vedyn käyttöä rajoittaa sen vaikea säilytettävyys. Normaalissa ilmanpaineessa vety vie suuren tilan. Paineistettuna se vaatii lujarakenteisen säiliön ja nestemäisenä suuren kryogeenisen kylmyyden. Vedyn käyttökelpoisuus kasvaisi huomattavasti, mikäli sen säilytykseen kehitettäisiin turvallinen ja edullinen ratkaisu.

Kehityksen yleiskuvaus: Vedyn säilytystä kehitetään pääosin vetyautojen yhteydessä. Paineistetut vetysäiliöt vuotavat ja vedyn tankkaaminen on liitosteknisesti vaativaa. Vedyn varastointiin kehitetään materiaaleja, joihin vety sitoutuu siten, että se on tarvittaessa helposti käytettävissä. Nämä materiaalit voivat olla nanorakenteita ja tiehyeitä tai kemikaaleja.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimusmotiivi on sekä akateeminen että teollisuuden pitkäjänteinen uusien markkinoiden avaamiseen liittyvä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Vedyn varastointi tolueeniin, ammoniakkiin ja bentseeniin on edennyt lupaavasti. Bentseeniin varastoitaessa on käytetty auringonvaloa hyväksi. Nanohiiliin on saatu 12% painosta vetyä huoneenlämmössä ja metallien avulla 200 barin paineessa normaalisti 700 barin painetta vastaava määrä.

Kiinnostavia lähteitä:

Off Grid – ja Micro-Grid -ratkaisut (8.08)

Teknologiakorin kohdealue: Yhteiskunnat ovat rakentaneet infrastruktuurin liikkumista, vesihuoltoa sekä tietoliikenne- ja energiatarpeita varten. Monet teknologiat vähentävät fyysisen infrastruktuurin tarvetta ja mahdollistavat kehittyneet asumismukavuudet ilman yhteyttä sähkö- ja vesijohtoverkostoon tai tieverkostoon. Tällaisia kokonaisuuksia tarkoitetaan ”off-grid” -käsitteellä. ”Micro-grid” viittaa kyläkohtaisiin pieniin rakenteisiin sähköntuotannossa. Tämä kori käsittelee aihealueen valmiita kokonaisuuksia ja riippumattomuutta keskitetystä sähköntuotannosta.

Kehityksen yleiskuvaus: Sähköverkosta irtautuminen on muuttumassa yhä helpommaksi paikallisen tuotannnon ja varastoinnin kehittyessä. Pääosa maailman ihmisistä elää alueilla, joilla päivänvaloa on saatavilla kohtuullisesti vuodenajasta riippumatta ja akut riittävät tasaamaan tuotannon ja kulutuksen vaihtelua. Pohjoisilla leveysasteilla polttokennot ja niiden polttoainevarastot sekä lämpövarastot voivat tulevaisuudessa tarjota riittävän ratkaisun.

Australiassa on arvioitu, että jopa 50% kotitalouksista voisi jo vuoteen 2020 mennessä taloudellisin perustein irtautua yleisestä sähköverkosta. Täysin itsenäisten ratkaisujen ohella on kehitetty kyläkohtaisia ratkaisuja.

Itsenäisen ruokatuotannon ja tavaravalmistuksen ratkaisuja on myös kehitetty. Näiden lisäksi jätehuollon, puhtaan veden ja tiettömien alueiden liikkumisen ratkaisut kehittyvät jatkuvasti, kuten myös langaton tietoliikenne.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi ”off grid”-asumiseen tarvittaviin komponentteihin on teollinen ja syntyy osin muista tarpeista. Kokonaisuuden tutkimusmotiivi on yhteiskunnallinen ja akateeminen sekä harrastuneisuuteen perustuva. Kehitysmaiden tarpeet ohjaavat kehitystä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Ecocapsule on prototyyppi helposti siirrettävästä asunnosta, joka tuottaa tarvitsemansa energian, kerää ja puhdistaa sadeveden kotitalouskäyttöön ja käsittelee viemärijätteet. Kiinassa on rakennettu off-grid ajatuksin puukaupunki. Australiassa paikalliset micro-grid -ratkaisut yleistyvät. Merille tarkoitettuja asumuksia on kehitetty. Erilliset aiheeseen liittyvät osatekijät etenevät nopeasti ja niitä on kuvattu raportissa asianomaisten teknologioiden yhteydessä.

Kiinnostavia lähteitä:

CO2-talteenotto ja käyttö raaka-aineena (8.09)

Teknologiakorin kohdealue: Ilmastonmuutos on valitettavan tuttu aihe jokaiselle. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on hiilidioksidipäästöjen yleisesti hyväksytty aiheuttaja. Energiatehokkuuden parantaminen ja vaihtoehtoiset hiilineutraalit energiantuotantotavat ratkaisevat osan ongelmasta. Niiden lisäksi kehitetään prosesseja, joissa hiilidioksidi vapautumisensa sijaan sitoutuu johonkin varastoitavaan tai jatkojalostettavaan muotoon. Tähän koriin kuuluvat nykyisten hiilidioksidia vapauttavien prosessien kehittäminen

hiilidioksidineutraaleiksi ja sellaiset uudet prosessit, jotka käyttävät ilmakehän hiilidioksidia tai sivuvirtana tuotettua hiilidioksidia raaka-aineenaan.

Kehityksen yleiskuvaus: Ilmaston lämpeneminen on saanut aikaan globaaleja toimenpiteitä päästörajoituksista hiilidioksidiveroon ja päästökauppaan. Uusia menetelmiä, joiden avulla hiilidioksidia poistetaan prosessien palamiskaasuista ja ilmakehästä sekä merivedestä keksitään jatkuvasti. Lupaavimpia ovat sellaiset, joissa hiilidioksidista tuotetaan hyödyllisiä materiaaleja tai, joissa prosessi ei ole energiaintensiivinen.

Biologisiin hiilidioksidin poistomenetelmiin kuuluvat geenimanipuloidut bakteerit ja kasvit sekä synteettinen fotosynteesi, joita kehitetään nyt useissa eri laboratorioissa. Hiilidioksidista tuotetaan myös polttonesteitä ja metaania tarkoituksena käyttää ylimääräistä aurinko- ja tuulienergiaa synteettisten polttoaineiden tuotannossa ja samalla sitoa hiilidioksidia.

Mielenkiintoisimpiin radikaaleihin teknologioihin kuuluu ilman pumppaaminen sulan suolan ja jännitteisen katalyytin läpi prosessilla, joka kuluttaa vain vähän sähköä ja sitoo ilman hiilidioksidista hiilen käyttökelpoiseksi ja arvokkaaksi nanohiileksi. Tämän prosessin avulla nanohiilten tuotantokustannus saattaa laskee ainakin kertaluokalla vastaavanlaatuiseen nanohiileen verrattuna. Menetelmä näyttää teoriassa skaalautuvan puhdistamaan ilmakehän kokonaan ylimääräisestä hiilidioksidista tavalla, joka olisi taloudellisesti kannattava.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Hiilidioksidin talteenotto on yhteiskunnallisena tavoitteena merkittävä. Päästörajat ja hiilidioksidikauppa motivoivat kehitystä eri organisaatioissa. Teollisuus kehittää ratkaisuja vähentääkseen päästöjään ja akateeminen motiivi on merkittävä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä kori on uusi ja perustettu tutkimuksen kohdistuttua yhä monipuolisemmin hiilidioksidiin raaka-aineena pelkän erottamisen ja varastoinnin sijaan.

Etenemistä on tapahtunut mm. seuraavilla alueilla: Anaerobisten bakteerien ja nanosäikeiden avulla hiilidioksidista ja vedestä on saatu tuotettua korkeilla tehokkuusluvuilla useita eri hiilivetyjä. Hiilidioksidista ja vedestä sekä auringonvalosta on tuotettu metanolia, muurahaishappoa ja eteeniä lupaavilla prosesseilla.

Mikromoottorit ovat valmistaneet vedessä olevasta hiilidioksidista kalsiumkarbonaattia. Nanohiilten valmistus hiilidioksidista etenee lupaavasti. Voimaloiden hiilen talteenottoprosessit ovat muuttumassa aiempaa

tehokkaammiksi. Hiilidioksidin on havaittu haittaavan ajattelua jo puutteellisesti tuuletetussa huoneilmassa olevina normaaleina pitoisuuksina.

Kiinnostavia lähteitä:

Sarjavalmistetut pienydinvoimalat, fissio ja fuusio (8.10) *

Teknologiakorin kohdealue: Ydinenergia on yksi potentiaalisista ratkaisuista ilmastonmuutosta aiheuttaviin hiilidioksidipäästöihin. Ydinvoimalassa luodaan olosuhteet jatkuvalle ydinreaktioille atomirakenteen hajotessa tai yhdistyessä ja luovuttaessa osan massastaan energiaksi. Jatkuvan ydinreaktion vaatimien olosuhteiden luonti on monesta syystä vaikeaa ja reaktiot tuottavat vaarallisia aineita, suuria kuumuuksia ja hallittavia riskejä. Mahdollisiksi tiedetyistä reaktioista vain pieni osa on onnistuttu valjastamaan energiatuotantoon.

Suuret voimalaprojektit ovat olleet ongelmallisia sekä hallittavuutensa että luvituskäytäntöjensä vuoksi. Pienet sarjavalmisteiset voimalat voisivat ohittaa monet näistä ongelmista . Koska fissioon perustuvissa voimaloissa myös raaka-aineen hankinta ja jätteiden aktiivisuus aiheuttavat ongelman ja osa raaka-aineista soveltuu ydinaseiden valmistukseen, on toiveita ja kehityspanoksia suuntautunut fuusio-energiaan. Fuusio-energiassa raaka-aineena on vety. Haasteena on tunnetuissa prosesseissa tarvittavan paineen ja kuumuuden aikaansaanti, mutta myös alhaisen lämpötilan ilmiöiden teoreettisten toimintaperiaatteiden selittämättömyys.

Kehityksen yleiskuvaus: Fuusioenergiaa kehitetään monessa merkittävässä ja hyvin rahoitetussa projektissa. Uudet hankkeet tähtäävät pienikokoisiin voimaloihin ja niiden kehityssyklin arvioidaan olevan olennaisesti suurvoimaloiden kehitystä nopeampaa. Pienten fuusiovoimaloiden tieteellinen pohja on vahvistunut. Kiinnostus Torium-reaktoreihin on kasvanut.

LENR (kylmäfuusio) herättää jatkuvaa keskustelua ja useiden itsenäisten ryhmien tutkimustulokset ovat lupaavia, mutta eivät täytä tieteellisiä kriteereitä riippumattomuuden ja avoimuuden osalta lukuun ottamatta havaintoa siitä, että jokin todellinen uusi ilmiö on tutkimuksen ja väitteiden kohteena.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimusmotiivi on laajasti sekä akateeminen etttä yhteiskunnallinen. Fuusio-energiaa tutkitaan ja kehitetään lisäksi monessa riskisijoittajien rahoittamassa hankkeessa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.88 Sarjavalmistetut pienydinvoimalat, fissio ja fuusio ja se sijoittui neljänteen ryhmään. Kehitys on edennyt nopeasti. Kanadassa on haettu lupaa sulasuolareaktorille, jonka väitetään voivan merkittävästi alittaa kevytvesireaktorin hinnan. Kiinalaiset rakentavat TWR-reaktorin yhteistyössä Bill Gatesin kanssa. Suomessa STUK pohtii alustavasti sarjavalmisteisten pienten ydinvoimaloiden mahdollisuutta.

MIT on raportoinut 15% lisäyksestä fuusioenergian koelaitoksensa plasmanpaineeseen ja on esitellyt pienikokoisen Tokamak-projektin kaavailuja magneettien tehokkuuden kasvun perusteella. Tri-Alpha -fuusioreaktorihanke on saanut $500 miljoonan lisärahoituksen. Lockheedin fuusioreaktorihanke on raportoinut etenemisestä.

Nasan julkaisema raportti osoittaa matalatehoisen 2MeV-lasersäteen saavan useista metalleista ja raskaasta vedystä koostuvassa materiaalissa aikaan ydinreaktion ja atomikoostumuksen muutoksia mittausten osoittaessa yli 10MeV vapaita neutroneja. Tämä löydös osoittaa matalan lämpötilan ydinreaktiot tutkimuksellisesti kiinnostavaksi alueeksi. LENR-tutkimus itsessään ei ole tuottanut kiiistattomia näyttöjä siitä, että energiatuotannossa käyttökelpoinen ja hallittavissa oleva metodi olisi löydetty.

Kiinnostavia lähteitä:

Kineettisen energian talteenotto, tuulivoima, aaltovoima ym. (8.11) **

Teknologiakorin kohdealue: Kineettistä energiaa on ilmakehän ja veden virtausten sekä aaltojen lisäksi koneiden ja materian liikkeissä. Tuulienergia on jo nyt merkittävä primaarienergian lähde ja aaltovoimasta povataan sellaista. Ajoneuvojen jarruenergian talteenotto tai kävelevät robotin liike-energian talteenotto pidentävät niiden energiatehokkuutta ja akkukestoa.

Kehityksen yleiskuvaus: Tuulivoimaa kehitetään jatkuvasti. Tuulen voimakkuus kasvaa noustessa ylemmäs maanpinnan tasosta. Mastojen kasvattaminen, lapojen keventäminen ja hyötysuhteen parantaminen ovat jatkuvia kehitystavoitteita. Tuuliruuvi on esimerkki lapojen ja pyörimisen muuttamisesta maston suuntaiseksi ja myös lavattomia tuulivoimamastoja on kehitetty. Tuulienergiaa pyritään myös saamaan talteen erilaisten maahan vaijerilla kiinnitettyjen lentolaitteiden avulla. Näissä energia voidaan saada potkureiden avulla tai leijanarun vetämänä.

Aaltovoimaa on valjastettu veden pinnan mukaan nousevien ja laskevien kohojen avulla ja aaltojen synnyttämien virtausten avulla. Virtaava tai haihtuva varautunut suolavesi tuottaa myös kerättävissä olevaa sähköenergiaa. Erikoisiin energian tuotantotapoihin kuuluvat taivutuksista sähköä tuottavat

materiaalit. Tavanomaisempaa kehitystä edustavat dynamon tavoin toimivat jarrut, joilla pyritään korvaamaan kitkaan perustuvia jarruja.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Perinteistä tuulivoimaa kehitetään pääosin osana yritysten normaalia tuotekehitystä. Radikaalisti uudenlaisen tuulivoiman kehityksessä akateeminen motiivi ja riskisijoittajien rahoittamat startup-yritykset ovat molemmat aktiivisia. Kineettistä energiaa talteenottavat materiaalit ja aaltoenergia etenevät enimmäkseen akateemisesti motivoidussa tutkimuksessa Jarruenergian talteenotto kehittyy teollisen kilpailun motivoimana.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.86 Lentävät tuulivoimalat ja muu uudentyyppinen tuulivoima sekä 2.87 Piezosähköiset energialähteet, kineettisen energian talteenotto, joista molemmat sijoittuivat kolmanteen ryhmään.

Tuuliruuvit ovat jatkaneet kehitystään. Leijaenergiaa on kehitetty useita erilaisia periaatteita hyväksikäyttäen. Googlen Makani on aloittanut 600kW leijan testaamisen ja kasvattaa henkilökuntaa nopeasti. Myös KPS ja AweLabs kehittävät leijaenergiaa aktiivisesti. Aaltovoimalaa on testattu usein eri tavoin. Konvektiovoimalan periaate on esitelty. Ricoh on tuonut markkinoille sähköä kineettisestä energiasta tuottavan kumimaisen materiaalin. Galfenol, galliumin ja raudan seos, kykenee muuttamaan 70% kineettisestä energiasta sähköksi.

Kiinnostavia lähteitä:

Suurteholaserit, sädeaseet ja magneettiaseet (8.12)

Teknologiakorin kohdealue: Kun valo on aallonpituudeltaan ja vaiheeltaan sekä suunnaltaan yhdenmukaista, pututaan laser -säteestä. Laser -säde säilyttää voimansa pitkänkin etäisyyden siroamatta toisin kuin tavallinen valo. Laser -säteen teho voi olla hetkellisesti suuri, jolloin puhutaan pulsseista. Voimakkaat ja lyhyet, hyvin kapeaan alueeseen osuvat pulssit aiheuttavat materiarakenteen rikkoutumista, koska energia ei ehdi tasaantumaan rakenteissa ja leviämään esimerkiksi lämpönä.

Laser -säteitä käytetään moniin eri tarkoituksiin ja aihetta on käsitelty raportissa toisaalla. Tässä korissa rajaudutaan suurteholasereihin, joiden tarkoitus on esimerkiksi leikata metallia tai hitsata sitä. Sovelluksia on paljon

niin valmistavassa teollisuudessa kuin aseteknologiassakin. Tähän kokonaisuuteen kuuluvat lasereiden ohella muut säde- ja magneettiaseet.

Kehityksen yleiskuvaus: Laser -säteiden tehoa pyritään jatkuvasti kasvattamaan. Tehon lisäksi laserin synnyttämän valon aallonpituus on olennainen. Yksi keino laserin tehon kasvattamiseen energialähteitä kasvattamatta on laserin pulssien lyhentäminen. Yksinkertaisimmillaan tämä tehdään lataamalla sähköä kondensaattoriin. Tämä voidaan purkaa nopeasti laseriin ja saada näin aikaan varsinaista virtalähdettä suurempi hetkellinen teho.

Kiinnostava ja vähemmän triviaali keino on lyhentää pulssia optisesti siten, että pulssin alku kulkee pidempää reittiä kuin loppu tai alku ja loppu kulkevat reittejä, joissa valon nopeus ei ole sama. Pulssin peräpään ehtiessä etupään tasolle signaalit yhdistetään ja pulssi on kaksi kertaa voimakkaampi. Etäisyyseron on oltava aallonpituuksien moninkerta, jotta tämä onnistuu. Operaatio voidaan tehdä useita kertoja peräkkäin ja aina kahdentaa pulssin hetkellinen teho.

Aseteknologiassa laser-aseiden lisäksi kehitetään myös muita säteitä. Erikoisin näistä on elektromagneettinen pulssi, joka tuhoaa suojaamattomat elektroniikkalaitteet. EMP-pulssin rajoitteena on ollut sen suuntaamattomuus. Esimerkiksi ydinräjähdys saa aikaan EMP-pulssin, joka leviää kaikkiin suuntiin räjähdyksen ympäristöön.

Raidetykki kuuluu aseteknologian uutuuksiin. Tehokkaan sähkömagneetin ja sähköenergian avulla voidaan rautakuulia saada erittäin nopeaan liikkeeseen tavalla, joka ei kuluta aseita eikä kovinkaan suuresti tuhlaa energiaa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi on osittain akateeminen tai kaupallisten teollisten työkalujen kehitys. Aseteollisuudella on normaaliin tuotekehitykseen ja valtiolliseen asiakaskysyntään perustuva motiivi.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.94 Suurteholaserit, langaton tehonsiirto ja laseraseet, ja se sijoittui neljänteen ryhmään. Kehitys on jatkunut sen jälkeen useilla alueilla.

USA on ottanut käyttöön kokeilemansa laser-aseen ja kokeilee käytön laajentamista laivastosta maa- ja ilmavoimiin. Suurteholaserilla on tuhottu kohti ajava panssaroimaton henkilöauto. Laser- ja neutraloiva anti-laser on saatu kehitettyä samaan laitteeseen. Drone-hyökkäysten torjuntaan on kehitetty useita sädeaseita.

Venäläiset ovat kertoneet kehittävänsä suunnattavaa EMP-asetta ja Boforsin HMP-ase kykenee sammuttamaan sähkölaitteita suunnatusti. Myös kipua aiheuttavia sädeaseita on kehitetty laajasti. Magneettisen uuden raidetykin kantama on lähes 200 kilometriä.

Kiinnostavia lähteitä:

Johdoton sähkönsiirto (8.13) **

Teknologiakorin kohdealue: Nikola Tesla kehitti aikoinaan menetelmää, jolla sähkö saataisiin siirtymään pitkiä matkoja ilman sähköverkkoja. Elektroniikkaharrastajat ovat nuorena saattaneet rakentaa diodista ja kidekuulokkeesta radion, jolle riittää toimiakseen se energia, joka antennista kuulokkeeseen saapuu.

Energiaa voidaan sähkömagneettisena säteilynä lähettää ja vastaanottaa langattomasti. Tästä on kysymys myös vaikkapa laser-säteessä, jonka energia vastaanotetaan aurinkopaneelilla ja muutetaan takaisin sähköksi. Me siis osaamme siirtää energiaa langattomasti. Mikäli opimme tekemään sen edullisilla laitteilla, vähäisellä häviöllä, vaarattomasti ja kohtuullisilla etäisyyksillä, vähenee töpseleiden, sähkökohtojen ja pistorasioiden sekä myös akkujen tarve.

Kehityksen yleiskuvaus: Yksinkertaisin tapa langattomaan sähkön siirtoon on sijoittaa kaksi kelaa toistensa lähelle ja syöttää toiseen niistä vaihtovirtaa. Sähkövirta aiheuttaa magneettikentän ja sähkövirran muutos magneettikentän muutoksen, joka taasen aiheuttaa jännitteen kumpaankin lähekkäiseen käämiin ja jännitteen mukaisen virran myös toiseen käämiin. Tämä suoraviivainen muuntajissa käytetty menetelmä toimii, kun käämit ovat hyvin lähellä toisiaan.

Siirrettäessä energiaa etäämmälle, on se lähetettävä sähkömagneettisena värähtelynä, jota vain vastaanottaja kuormittaa tai suunnattuna säteilynä, joka suurelta osin saavuttaa vastaanottajan. Sähkömagneettinen spektri on hyvin laaja, ja eri tekniikoilla voidaan käyttää hyvin erilaisia keinoja. Osa näistä toimii metrien etäisyydellä ja joitakin halutaan kokeilla avaruudesta maahan.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Pääosa kehityksestä on akateemisesti motivoitua tai yritysten pitkän tähtäimen pyrkimystä uusiin tuotteisiin. Joukkorahoitettuja ja riskisijoittajien rahoittamia startup-yrityksiä on pyrkinyt alueelle ja autoteollisuudessa langaton lataus on joukkoliikennevälineissä kilpailullisen kehittämisen kohteena päästöttömyyden ja ilmastonmuutoksen vauhdittaman asiakaskysynnän vuoksi.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Lähinnä vastaava kohta edellisessä raportissa on 2.93 Johdoton voimansiirto (magnetismi), sähköautoihin ym. sähkölaitteisiin ja se sijoittui kolmanteen ryhmään. Tämän jälkeen kehitys on ollut nopeaa. Duken yliopisto on kehittänyt magneettikentälle fokusoivaa linssiä. Disney on demonstroinut langatonta latausta huonetilassa siten, että jopa 1,9kW teho on siirtynyt useisiin eri laitteisiin 40-95% hyötysuhteella etäisyydestä riippuen

Washingtonin yliopisto on kehittänyt passiivisen WiFin teknologiaa ja energian keräämistä ympäristön radio-aalloista. WiTricity on tuonut markkinoille autojen langattoman latauksen. Wi-Charge siirtää tehoa suunnatulla infrapunasäteilyllä. Ossia on demonstroinut Cota-teknologian, joka lataa 30 eri laitetta 10 metrin etäisyydellä. Vastaanottavana ladattavana laitteena on demonstroitu esimerkiksi AA-paristo. Useat toimijat ovat tuoneet markkinoille lähietäisyydellä induktion avulla toimivia latureita.

Kiinnostavia lähteitä:

Kulkuneuvojen uudet voimanlähteet (8.14)

Teknologiakorin kohdealue: Tavallisin kulkuneuvojen voimanlähde on polttomoottori, autoissa mäntämoottori ja lentokoneissa turbiini. Pyrittäessä kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa, on tarjolla ainakin kaksi reittiä. Yhtäältä voidaan tuottaa hiilettömästi sähköä paineilmaa tai muuta sekundäärienergiaa ja käyttää sitä ajoneuvoissa. Toisaalta voidaan tuottaa synteettisiä polttoaineita ja käyttää niitä polttomoottoreissa ja polttokennoissa. Polttomoottoreiden hyötysuhde on melko alhainen. Tässä korissa tarkastellaan kehitystä polttomoottoreille vaihtoehtoisissa kulkuneuvojen voimanlähteissä.

Kehityksen yleiskuvaus: Sähköautot yleistyvät nopeasti. Kyse on joko hybrideistä, ladattavista hybrideistä tai täyssähköautoista. Sähkömoottorit ovat edullisia, pitkäkestoisia ja tehokkaita. Sähköauton yleistymisessä pullonkaulana on ollut akkuteknologian kehitys. Akut on käsitelty toisaalla tässä raportissa, mutta niiden hinta laskee ja käyttöominaisuudet paranevat jatkuvasti. On ainoastaan ajan kysymys, milloin sähköautot ovat käytännössä kaikin tavoin polttomoottoriautoja parempia.

Ensimmäisiä sähkökäyttöisiä kuorma- ja rekka-autoja on esitelty. Sähkökäyttöinen vesiliikenne laajenee myös pienistä laitteista yhä suurempiin. Sähkökäyttöiset ilma-alukset tulevat harkinnan arvoisiksi akkujen energiatiheyden jatkuvasti kasvaessa. Tämä tapahtuu aluksi lyhyillä etäisyyksillä ja erikoiskoneissa, mutta suunnitelmia on jo matkustajalentokoneidenkin sähköistämisestä.

Mekaanisen energian ja potentiaalienergian talteenotto parantaa laitteiden energiatehokkuutta. Esimerkiksi pyörimiskitkan osittainen talteenotto vähentää raideliikenteen etua energiatehokkuudessa pyöräliikenteeseen verrattuna. Ruotsissa otetaan käyttöön trolley-rekkalinjoja. Sähköautojen lisäksi paineilmalla toimivia autoja sekä vetykennoautoja kokeillaan.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tutkimus on suurelta osin siirtynyt kulkuvälineitä valmistavan teollisuuden normaaliksi tuotekehitykseksi. Motiivi on selkeän kilpailullinen erityisesti sähköautoihin siirryttäessä ja tulevaisuuden tuotevalikoimaan suuntaava sähkölentokoneissa. Pienissä sähkölentokoneissa startup-yrityksillä on havaittava vaikutus.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kori on uusi ja perustettu kulkuvälineiden uusien voimanlähteiden nopean kehityksen vuoksi. Seuraavat esimerkit osoittavat nopeaa kehitystä. Tesla on julkaissut sähkökäyttöisen rekan. Nikola on julkaissut hybridirekan ja Renault sähkökuorma-auton. Uuden Teslan suurin ajoetäisyys kertalatauksella on jo 800 km. Ruotsissa kokeillaan trolleysähkörekkoja valtion illoittaessa panostavansa yli miljardi euroa liikenteen sähköistykseen.

Volvo ilmoittaa kaikkien uusien automalliensa olevan joko täyssähköisiä tai hybridejä vuodesta 2019 alkaen. Useat maat aikovat kieltää uudet polttomoottoriautot. AIRPod-paineilma-auton ajoetäisyys on 200 km. Citroen Cactus Airflow on kaasu- ja paineilmahybridi. Airbus ja Nasa suunnittelevat sähkölentokonetta. Myös Boeing sijoittaa sähkölentokoneeseen.

Kiinnostavia lähteitä:

1.7. Digitaaliset joukkoistusalustat ja alustayritykset

Työn uberisaatiosta on puhuttu maailmanlaajuisesti yhä vakavampaan sävyyn. Ohjelmistojen ja globaalin tietoverkon avulla rajapinta työtilaisuuksiin, työn laadun valvontaan, luottamukseen, toimeksiantoihin ja maksuliikenteeseen voidaan automatisoida. Tämä laskee hallinnon kustannuksia ja mahdollistaa hyvin dynaamiset ja joustavat organisaatiot. Tyypillistä on, että työn tekijä omistaa käyttämänsä tai tarjoamansa resurssit eikä kyse ole kiinteästä työsuhteesta. Alustayritykset avaavat kanavan jakamistaloudelle, jossa oma asunto, auto tai tarpeeton tavara päätyy hetkeksi tai pysyvämmin muiden käyttöön. Joukkoistuksessa voidaan puhua myös rahoituksesta, käytön yhteydessä tehdystä tiedonkeruusta tai muusta ajankäytöstä, jossa ihminen

antaa yhteisen alustan avulla omia varojaan tai asiantuntemustaan muiden käyttöön. Alustan voi omistaa yritys tai kolmas sektori.
Joukkoistusalustojen ja alustayritysten vaikutus työn uudelleenorganisoinnissa on kasvamassa mittavaksi. Alustat madaltavat organisaatioita ja muuttavat osan aiemmin maksullisesta työstä vapaaehtoisuuteen perustuvaksi. Wikipedia on hyvä esimerkki tästä ilmiöstä, joka saattaa korvata joillakin toimialoilla yritystoiminnan kokonaan tai kutistaa sen varjoksi entisestään ja tarjota silti käyttäjilleen ylivertaisen laadun ja saatavuuden aiempien yritysten tuottamiin palveluihin verrattuna. Alustayritys saattaa työllistää huomattavan joukon ihmisiä. Seitsemän vuoden ikäinen Uber esimerkiksi työllistää 64 eri maassa yli miljoona kuljettajaa ja tarjoaa näiden palveluita edelleen. Alustayrityksen valta alustan toimintatapaan on käytännössä täydellinen ja, koska alustat toimivat pilvipalveluina, muutokset vaikuttavat välittömästi palveluihin.

Yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen (9.01) ****

Teknologiakorin kohdealue: Vanha sanonta kertoo: sitä saat, mitä mittaat! Osa koirista saattaa jäädä aidan taakse haukkumaan makupalaa, vaikka aidan voisi kiertää, koska eivät halua etääntyä makupalasta.

Pelillistämisessä puhutaan suoritteiden mittaamisesta sellaisella tavalla, joka ohjaa ymmärtämään lyhyen tähtäimen suoritteiden suhteen pitkän tähtäimen tavoitteisiin. Esimerkiksi hetkellisen kulutuksen mittarin ja keskikulutusmittarin lisääminen autoon opettaa monille säästeliään kaasujalan.

Pelillistämiseen kuuluu tavallisimmin ajatus välittömästä palautteesta ja kertymästä. Tähän koriin kuuluvat tekniikat ja innovatiiviset esimerkit, jotka edesauttavat pelillistämistä ja osoittavat sen voiman yksilöiden sekä organisaatioiden työsuoritteiden ja arjen päätösten parantamisessa.

Kehityksen yleiskuvaus: Organisaatiot ovat tottuneet mittaamaan yksiköidensä ja työntekijöidensä suoritusta. Niin tehdään myös kouluissa ja arjessakin saatamme mitata urheilusuoritusta tai painoamme. Vain harvoin nämä keinot johtavat yhtä hyvää oppimiseen kuin tietokonepelien piirissä on totuttu. Peleissä oppiminen on usein hyvin nopeaa ja tämä on kiinnittänyyt tutkijoiden ja organisaatiokehittäjien huomiota.

Pelillistämisestä on ryhdytty puhumaan erityisenä toimintamallina. Siihen kuuluu tavallisesti välitön palaute, joka ei sellaisenaan osoita hyvää tai pahaa. Suorite voi esimerkiksi olla uhraus isomman tavoitteen saavuttamiseksi. Silloin se aiheuttaa ensin negatiivisen palautteen ja vasta sen jälkeiset suoritteet positiivisen palautteen ja kertymän kasvun. Ihminen on luontaisesti hyvä hahmottamaan tällaista palautetta ja se motivoikin tehokkaasti toiminnan kehittämiseen arjen käyttäytymisen tasolla.

Pelillistämistä kehitetään organisaatioiden johtamisen ja itseorganisoituvuuden tasolla. Alustayrityksissä pelillistetty ohjausmalli on esimerkiksi korvannut monet esimiehet. Pelillistäminen vaikuttaa johdattavan myös terveellisiin elintapoihin ja muuhun henkilökohtaiseen elämänhallintaan. Pelillistäminen oppimistapahtumana voi sisältää mittareiden lisäksi simuloituja tilanteita ja

ongelmanratkaisua. Kaikissa näissä ympäristöissä siihen voi kuulua mahdollisuus oman suorituksen ja muiden toiminnan vertaamiseen.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Pelillistämistä on ryhdytty tutkimaan akateemisesti, joskaan tutkimus ei ole erityisen laajaa. Organisaatiokehittäjät lisäävät jatkuvasti pelillisiä elementtejä tietojärjestelmiinsä. Erityisen pitkällä tässä ollaan alustayrityksissä, joissa kyse on tärkeästä kilpailutekijästä. Institutionaalisessa opetuksessa simulointi ja pelillistäminen etenevät hitaasti.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kori oli 2.20 Yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen ja se sijoittui ensimmäiseen ryhmään. Aihe oli tuolloin uusi, mutta sitä oli kokeiltu jo elämänhallinnan ja opetuksen aloilla. Pelillistäminen on selkeästi edennyt alustayritysten, kuten Uberin luottamusta lisäävissä rakenteissa. Boorzorg on nopeasti kasvanut digitaalisesti ja pelillisin keinoin johdettu matalan hierarkian organisaatio hoiva-alalla. Zappos on pelillisin opein organisoitu 1500 hengen johtajaton organisaatio.

Mainonnan alalla AdTech -liiketoiminta pohjautuu pelillisiin elementteihin ja niiden avulla tapahtuvaan mainonnan kohdistamiseen. Tekoäly ja uudet henkilökohtaiset mittalaitteet parantavat pelillistämisen edellytyksiä. Tekoäly esimerkiksi kykenee kerroskuvista ennustamaan ihmisen odotetun eliniän 10 vuoden haarukassa 69% tarkkuudella.

Kiinnostavia lähteitä:

Valtioiden pankit ohittava sähköraha, aikapankit (9.02) ****

Teknologiakorin kohdealue: Rahalla on pitkä historia ja sen ilmiöihin liittyy monia tulkintoja. Rahaa voidaan perustellusti pitää joko viivästetyn vaihdannan hajautettuna kirjanpitona tai täysin vastikkeettomana arvopaperina, jonka arvo riippuu siitä, minkä arvoisena kanssaihmiset sitä haluavat pitää.

Vaihdanta ei ole koskaan ollut pelkkää yksinkertaista vaihtokauppaa. Nyky-yhteiskunnassa lähes kaikki vaihtaminen tapahtuu monenkeskisenä ja viivästettynä tapahtumasarjana. Tällaisten transaktioiden sopiminen kaikkien osapuolten kesken on mahdotonta. Siksi ihmiset ovat oppineet käyttämään tiettyjä hyödykkeitä, kuten arvometalleja tai sellaisiin oikeuttavia arvopapereja

sekä täysin mihinkään arvoon kiinnittämättömiä rajallisesti liikkeellä olevia dokumentteja vaihdon välineinä.

Kun kauppahinnan maksuksi kelpaavia ja helposti sellaisiksi tunnistettavia vaihdon välineitä on sopivasti liikkeellä, kohtaavat kysyntä ja tarjonta. Ihmiset tottuvat pitämään rahaa arvokkaana luottaessaan sen aina kelpaavan maksuksi. Tähän koriin kuuluvat valtioiden liikkeelle laskemasta rahasta riippumattomat uudet vaihdannan välineet.

Kehityksen yleiskuvaus: Aikapankkijärjestelmät perustuvat yhteisölliseen luottamukseen. Niissä järjestelmään sisään tehdyillä aikapankkitunneilla saa lunastettua työtä muilta aikapankkitunteja omaan työhönsä vaihtavilta yhteisön jäseniltä. Kryptovaluutat laajentavat luottamuksen piiriä siten, ettei mihinkään keskitettyyn rekisterinpitäjään tarvitse luottaa, ja kauppaa voi käydä globaalisti. Kryptovaluuttojen vaihtoarvo ei myöskään ole sidottu mihinkään tiettyyn työmäärään, vaan arvo kehittyy vapaan hinnoittelun kautta.

Kryptovaluutat ovat nopeasti kasvava globaali ja koko internetin laajuinen maksuväline. Valuuttaan liittyvät transaktiot varmennetaan jaetusti verkossa. Kaikki transaktiot salakirjoitetaan ketjuksi kunkin valuuttayksikön ensimmäiseen luontiin ja tiedot jaetaan verkon solmuihin. Kuka tahansa voi osallistua transaktioiden laskentaan. Palkkiona siitä työstä jokaiselle työhön osallistuvalle annetaan uutta valuuttaa.

Lohkoketjuteknologiaan perustuva kryptovaluutta Bitcoin oli merkityksellisessä roolissa Kreikan eurokriisin pahimpaan aikaan. Bitcoinin vaihto on enemmän kuin kaksinkertaistunut vuosittain. Vaihdon arvo oli miljardin dollarin päivätasolla loppuvuodesta 2015 ja kahdeksan miljardin tasolla loppuvuodesta 2017. Muiden kryptovaluuttojen vaihto on myös useiden miljardien dollarien päivätasolla.

Bitcoin-lompakoita on asennettu ihon alle, protokollaa kehitetään Bitcoinin jakelemiseksi radioteitse ja Bitcoinia syytetään pyramidihuijaukseksi. Järjestelmän lähtökohdista osoitetaan heikkouksia ja ennakoidaan seuraajaa. Merkittävin kritiikki koskee transaktioiden aiheuttamaa sähkönkulutusta. Koska laskennasta saa kryptorahaa, kehitetään siihen yhä tehokkaampia erityisprosessoreita. Bitcoin-laskijat käyttävät tietokoneiden joutoaikoja ja halvan sähkön jaksoja. Lämmityskauden aikana laskenta korvaa muita lämmitysmuotoja.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Aikapankkijärjestelmien kehittäjien motiivi on ensi sijassa yhteisöllinen tai alustatalouteen liittyvä. Kehitystyö voi olla talkoohenkistä. Kryptovaluuttoja kehittävät sekä itsenäiset ohjelmoijat ja näiden yhteisöt että rahoituslaitokset, tietotekniikkayritykset ja valtiot. Motiivina on liikkeeelle laskettavan valuutan luominen tyhjästä ja sen arvonnousu tai kustannustehokkuus, mutta myös anonymiteetti rikollisen tai poliittisen toiminnan suojaksi. Motiivit ovat osin tyypillisiä startup-motiiveja ja osin merkittävien taloudellisten toimijoiden motiiveja.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.99 Sähköraha, aikapankit, ja se sijoittui korkeimpaan ryhmään. Silloin Bitcoin oli käytännössä ainoa kryptovaluutta ja sen liikkeellelaskettu markkina-arvo oli alle sadasosa nykyisestä, miljardi dollaria.

Kaikkien liikkeellelaskettujen kryptovaluuttojen yhteinen markkina-arvo on ylittänyt 250 miljardia dollaria marraskuussa 2017. Singaporelaisyrityksen Visa-kortti on Bitcoin-yhteensopiva. Hakkeri on ryöstänyt Ethereum-lompakoita 31 miljoonan dollarin arvosta. Bitcoin-transaktiot ovat nykyisellään hyvin energiatehottomia. Sähköraha on kännykkämaksamisen kautta muodostunut erittäin tärkeäksi Afrikassa ja rahan siirto tililtä toiselle kätevästi kännykän sovellusten avulla on pankkien vastaveto bittirahalle. Aikapankit eivät ole merkittävästi edenneet.

Kiinnostavia lähteitä:

Joukkorahoitus ja muu mikrorahoitus (9.03) **

Teknologiakorin kohdealue: Monet ideat vaativat toteutuakseen runsaasti resursseja. Perinteinen keino tällaisten toteuttamiseen on ollut talkoiden järjestäminen. Rahatalouden myötä on syntynyt nykyisten pankkien kaltaisia instanseja, jotka ovat lainanneet korkoa vastaan hankkeeseen tai hankintaan tarvittavan rahan. Sen avulla on palkattu työntekijöitä ja ostettu raaka-aineita tehtävän suorittamiseen. Valmiin hankkeen tuotoilla on sitten maksettu laina takaisin. Tässä mekanismissa monet talkoiden hyödyistä jäävät saavuttamatta.

Talkoohyöty jakautuu usein tekijöilleen. Jos hyöty on yksipuolinen, on työn organisoija jäänyt velkaa monelle, joka on maksettu takaisin tai eteenpäin osallistumalla muiden järjestämiin talkoisiin. Yhteisöllinen paine velan takaisinmaksuun on tässä suurempi kuin velassa yksittäiselle taholle. Talkoiden korvikkeeksi on syntynyt muita rahoituksen muotoja, joissa tyypillistä on se, että rahoittajia on pienissäkin hankkeissa suuri joukko ja hyöty saattaa jakautua monelle.

Kehityksen yleiskuvaus: Mikrorahoituksen ideana on, että lainan tarvitsija kuvaa hankkeensa ja tilanteensa. Suuri joukko lainaajia arvioi riskin ja tekee halutessaan tarjouksen lainamäärästä ja korosta, jolla olisi valmis osallistumaan. Lainaajat jakavat riskin ja kukin osallistuu hankkeisiin, joiden taustan uskoo osaavansa arvioida. Parhaat hinnoittelevat riskit oikein ja

kykenevät laajentamaan toimintaaansa. Velallinen on tyypillisesti pienessä velassa monille ja motiivi maksaa velka takaisin on suuri.

Joukkorahoituksen vanhin muoto on osakesäästäminen, jossa rahoittaja saa osan rahoittamastaan yrityksestä. Moderni joukkorahoitus antaa rahoittajille vastineeksi ensimmäiset valmistuneet tuotteet. Kyse on siis ennakkotilauksesta ja etukäteismaksusta. Joukkorahoitusta käytetään myös hyväntekeväisyyden ja harrasteen edistämisen apuna. Luvatun hankkeen tulokset saattavat siis hyödyttää laajemmin rahoittajalle tärkeää kehitystä. Tältä osin joukkorahoitus vastaa rahankeräystä höystettynä hankkeiden selkeällä tavoitteellisuudella ja modernilla globaalilla seurannalla.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Joukkorahoituksen kehitys on valtaosin startup-toimijoiden ja joukkorahoittajien aktiivisuuden sekä joukkorahoituksen hakijoiden käsissä. Kyse on joukkoistuksen voimaan luottavasta ilmiöstä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset: Suomessa joukkorahoitus on lainsäädännöllisesti edelleen sekava, kun itseorganisoituvuuden rakenteita koetetaan rajoittaa regulatiivisin toimin.

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kori on 2.18 Joukkorahoitus ja muu mikrorahoitus ja se sijoittui kolmanteen ryhmään.

Kickstarter on edelleen merkittävä joukkorahoitusalusta, mutta useita muita joukkorahoitusjärjestelmiä on syntynyt sen rinnalle. Yksittäisten hankkeiden rahoitussummat ovat kasvaneet. Mehiläisviljelyyn liittyvä yksinkertainen keksintö sai Indiegogon joukkorahoituksessa kerätyksi yli 13 miljoonaa dollaria. Suomalainen avaruusapplikaatio sai kahden miljoonan euron suuruisen joukkorahoituksen. Linda Liukkaan ohjelmointiopas, Hello Ruby, sai 380 tuhannen dollarin rahoituksen yli 9 tuhannelta rahoittajalta.

Joukkorahoitusalustat ovat vakiintuneet uusien tuoteideoiden merkittäviksi alkuvaiheen rahoitus- ja markkinointikanaviksi. Indiegogo suunnittelee palveluiden tarjoamista myös keskisuurille ja suurille yrityksille. Joukkorahoituksen merkitys talouden transformaatiossa ja rakenteita jäykistävien välikäsien ohittamisessa tullee edelleen kasvamaan.

Kiinnostavia lähteitä:

Oppimisen uudelleenorganisointi, osaamisen näyttö (9.04) ****

Teknologiakorin kohdealue: Perinteinen oppinen on opettajajohtoista. Opettaja selittää asian, antaa tehtävät ja tarkistaa ne. Osaamisen näytämme

edelleen töihin pyrkiessämme oppilaitoksen antaman tutkintotodistuksen avulla. Tutkinnon suorittaminen vaatii opetuksen seuraamista ja oppilaitoksen kirjoille pääsyä.

Opettamisen haaste on yhä useammin opettajan vanhentunut osaaminen ja opinalojen monipuolistuminen. Opettajalta ei myöskään saa välitöntä tai yksilöllistä palautetta, jos samanaikaisesti opetettavia on luokka täynnä. Näitä ongelmia on ryhdytty ratkomaan käänteisen oppimisen, tietokoneavusteisen harjoittelun ja näyttötutkintojen avulla.

Kehityksen yleiskuvaus: Käänteinen oppiminen tarkoittaa mallia, jossa asian perusteiden selittäminen tapahtuu videoiden tai animaatioiden avulla. Nämä perusteet oppilas voi seurata omaan tahtiinsa. Opettajan läsnä ollessa tehdään harjoitukset, jotka voivat olla tietokonesimuloituja ongelmanratkaisutehtäviä tai muita sellaisia tehtäviä, joihin tietokone osaa antaa välittömän palautteen. Opettaja voi käyttää kaiken aikansa ongelmatilanteisiin, yhteiseen keskusteluun sekä yksilölliseen kannustamiseen.

Käänteinen oppiminen mahdollistaa parhaiden selittäjien käytön. Oppilas voi valita omaan oppimistyyliinsä parhaiten sopivan selittäjän. Sellaisiakin asioita voidaan selittää oikein ja ytimekkäästi, joita luokan oma opettaja ei itse osaa. Opetuksen valmistelulta säästyy aikaa ja oppilas voi tarvittaessa kuunnella selityksen monta kertaa ja eri henkilöiden selittämänä. Harjoituksissa välitön palaute ja koneen suorittama valvonta siitä, että kaikki on tehty, parantaa oppimistuloksia ja lisää oppimismotivaatiota.

Tutkintojen muuttaminen siten, että osaamista ei enää näytetä opettavalle organisaatiolle vaan kolmannelle taholle, avaa mahdollisuuden vaihtoehtoisillle oppimisen tavoille. Samalla poistuu tarve pyrkiä ja päästä jonkin oppilaitoksen kirjoille. Tämä oppilaitoskeskeinen rakenne on vanhentunut, koska lähes kaikkiin ammatillisiin ja akateemisiin aiheisiin sekä kouluaineisiin on kattavaa ja laadukasta verkko-opetusta jopa maksutta tarjolla globaalisti ja maailman tunnetuimpien opinahjojen tuottamana.

Tutkintoja voidaan automatisoida siten, että tietokone voi testata osaamisen simulointien, massiivisen kysymysvaraston ja tekoälyn avulla. Näillä keinoin ulkopuolinen taho voi varmistaa aihealuekohtaisen osaamisen, milloin tahansa ja mistä aiheesta tahansa. Tätä käytetään laajasti jo sellaisilla erityisosaamisen alueilla, joissa esimerkiksi päämies haluaa varmistua huolto-organisaation riittävästä osaamisesta.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Verkko-opetusta kehitetään ilmeisesti ensisijassa altruistisista motiiveista lähtien. Opetuksen halutaan olevan saatavilla mahdollisimman laajasti. Koska oppikurssien siirto verkkoihin on verrattain yksinkertaista, sitä tehdään laajamittaisesti. Opetuksesta riippumattomien näyttötutkintojen kehitysmotiivi on erityisen suuri markkinointi- ja tukiorganisaatioiden päämiehillä

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kori on 2.12 Oppimisen uudelleenorganisointi. Verkko-oppiminen on alkanut kasvaa hyvin rahoitettuna liiketoimintana. Duolingo tarjoaa maksuttomia kielikursseja 23 eri kielellä. Khan Academyn opetusvideoita on käännetty jo yli 65 kielelle ja Yhdysvaltain hallinto tutki Khan Academyn oppimateriaalin tehokkuutta opetuksessa kenttäkokeissa kouluvuonna 2015-2016. Khan Academyn tarjonta kattaa jo täysin useimmat kouluaineet.

Merkittävä osa korkeakouluopetuksesta on vapaasti saatavilla globaalisti. Monet MOOC-kurssien tarjoajat rahoittavat toimintaa perimällä tutkinnoista maksun. Tekniset, päämiesten laatimat tutkinnot ovat erityisesti ICT-alalla levinneet laajaksi ja systemaattiseksi kolmansien osapuolten kautta organisoiduksi toiminnaksi ja näitä tutkintoja ja mikrotutkintoja vaaditaan sopimusten ja työhön pääsyn ehtoina.

Kiinnostavia lähteitä:

Fyysinen robottivälitteinen työ ja AI:n johtama työ (9.05)

Teknologiakorin kohdealue: Normaalia on ollut, että ihminen tekee työnsä siellä, missä työn on tarkoitus vaikuttaa. Jos jonnekin on pitänyt kylvää, korjata tai rakentaa, on sinne menty ja tehty vaadittu työ. Työtehtävän on normaalisti antanut ihminen, joko esimies tai asiakas. Nyt tietotekniikka mahdollistaa sen, että matka yhä useammin jää tekemättä. On mahdollista lähettää matkaan pelkkä työkalu ja kauko-ohjata sitä. Yhä useammin työn myös vaiheistaa ja teettää pelkkä tietojärjestelmä ilman erityistä työnjohtajaa, saamiensa tilausten tai muiden havaintojen perusteella.

Kehityksen yleiskuvaus: Etiäisiä eli etäläsnäolorobotteja on kehitetty, jotta ihminen voisi suorittaa vaarallisia tai etäällä olevia tehtäviä kauko-ohjauksella. Aluksi nämä ovat olleet armeijan, pelastuslaitoksen, kaivosten, merenpohjan tai avaruuden ja muiden vaarallisten olosuhteiden tehtäviä.

Etäläsnäolo on muuttunut niin yksinkertaiseksi, että se on järkevää pelkästään matkojen säästämiseksi. Yksinkertaisimmat etiäiset ovat itse asiassa ohjattavia videopuhelimia. Perinteisestä kuvapuhelimesta poiketen, soittaja voi ohjata vastaanottavaa laitetta ja vaeltaa sen avulla etänä esimerkiksi käytävillä ja itse määrätä katseensa suunnan ja sijaintinsa.

Alustatalous, asioiden internet, simulointi ja tekoäly ovat osallisia kehityksessä, jonka seurauksena koneet kertovat ihmiselle, mitä tämän seuraavaksi tulisi tehdä. Koneiden toiminta esimiehenä liittyy etiäisiin, koska molemmat edistävät osin samoihin periaatteisiin nojaten työnteon riippumattomuutta sijainnista ja etäisyyksistä. Etäisyys esimieheen ja etäisyys tekemisen kohteeseen voivat molemmat kasvaa. Työntekijä saa alustalta toimeksiantonsa ja suorittaa alustalle työnsä. Toimeksiannon virikkeet tulevat IoT:n kerääminä toisaalta ja työn vaikutukset näkyvät myös toisaalla robottien välitttämänä.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Riskisijoittajien rahoittamien startup-yritysten motiivina on synnyttää uutta liiketoimintaa nopeasti kehittyvän teknologian hyväksikäyttöön. Osa robotiikkaaan keskittyneistä teollisista yrityksistä kehittää kauko-ohjausta asiakaskysynnän ja kilpailun syistä. Akateeminen tutkimus on huomattavaa robottien kauko-ohjauksessa. Aseteollisuuden tuotekehityksessä motiivi on selkeä ja merkittävä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kori on uusi. Lukuisat yritykset ovat ryhtyneet myymään etiäisiä edellisen raportin julkaisun jälkeen. Kauko-ohjattavat robotit ovat tutkimustasolla kehittyneet siten että niillä voi luontevasti tehdä fyysistä työtä haptisten ohjainten ja virtuaalilasien avulla. Kiinnostava esimerkki luonnollisesta koko kehon tasoisesta kauko-ohjauksesta on Toyotan uusin kokeilurobotti.

Osa kauko-ohjattavista roboteista on edennyt käytännön tuotteisiin, kuten Hiabin VR-laseilla operoitava nosturi. Applen Healthkit on alusta, joka välittää potilaan itse kotonaan mittaamat terveystiedot lääkärille. Uber ja monet muut alustatalouden yrityksen välittävän asiakkaiden tilaukset tietojärjestelmän koordinoimana työntekijöille. MIT:n tutkimus osoittaa työntekijöiden pitävän tekoälyn toiminnasta esimiesroolissa.

Kiinnostavia lähteitä:

Dark Web, TOR ja muu salattu/anonyymi tietoliikenne (9.06)

Teknologiakorin kohdealue: Monet ihmiset haluavat toimia internetissä anonyymisti. Tähän voi olla syynä kyseiseen ihmiseen kohdistuva uhka esimerkiksi poliittisen sorron vuoksi tai hänen itsensä halu toimia rikollisesti ilman kiinnijäämisen riskiä. Salauksen tarve voi myös liittyä valtiolliseen vakoiluun, liikesalaisuuksiin ja normaaliin yksityisyyden suojaan. Salaukseen

perustuvia järjestelmiä ovat mm. verkkopankit, kryptoraha ja kaikki luotettavaa tunnistausta vaativat tietoverkkopalvelut.

Kehityksen yleiskuvaus: Tunnetuimman anonyymin järjestelmän, TOR-verkon (The Onion Router) kehitystä on rahoittanut USAn puolustusministeriö. TOR-verkon käyttäjistä merkittävä osa on huume- ja asekauppiaita, ihmiskauppiaita, rahanpesijöitä ja muita rikollisia. Tämän Dark Web -nimellä kutsutun internetin osan palveluina ovat esimerkiksi hakkerointityökalut, palvelunestot, palkkamurhat ja tietovuodot.

TOR-verkon rakenne perustuu vapaaehtoisiin solmuihin, joita on kirjoitushetkellä seitsemän tuhatta. Näiden välityksellä selaimen käytön seurannan voi tehdä hyvin vaikeaksi. Yksittäisen solmun murtaminen ei eliminoi suojausta sipulinkuorimaisen salauksen vuoksi. Osa internetin palveluista estää toiminnan, mikäli pyyntö tulee TOR-verkon tunnetusta osasta.

Tietoliikenne salataan lähettäjän ja vastaanottajan välisellä käytännöllä, jossa salausalgoritmi on kummankin tiedossa ja mahdollisesti julkinen tieto. Algoritmin lisäksi tarvitaan salausavain, jota käyttäen lähettäjä salaa tiedon sellaiseen muotoon, josta vain vastaanottaja voi sen lukea salausavaimella tai sen salaisella vastinparilla. Nykyisin tavallisia ovat salausmenetelmät, joissa lähettäjän tiedossa on vastaanottajan julkinen avain ja salaus tehdään sen avulla. Salatun viestin voi avata ainoastaan vastaanottajan salaisella avaimella. Nämä julkisen avaimen salausmenetelmät, joita myös murtovarmoina pidetyssä lohkoketjutekniikassa käytetään, ovat ainakin nykyisin pääosin käytetyssä muodossaan selvitysten mukaan jo lähitulevaisuudessa murrettavissa kvanttitietokoneiden avulla.

Resursointi ja kehitysmotiivi: TOR-verkkoa kehittävä yhteisö on laaja, ja ainakin osin yksityisyyden vilpittömistä advokaateista koostuva. Verkon laajamittainen ja selkeä käyttö rikollisiin toimiin on johtanut akateemisesti ja valtiollisesti motivoituneisiin pyrkimyksiin murtaa TOR-verkon suojaus. Salausalgoritmien ja niiden murtamisen tutkimus on sekä akateemisesti että valtiollisesti ja rikollisesti motivoitua toimintaa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Kori on uusi ja perustettu internetin anonyymin osan yhä laajemman rikollisen käytön vuoksi sekä salauksen roolin jatkuvan kasvun vuoksi. Uusia salaustekniikoita on kehitetty. Google on ryhtynyt selvittämään, kuinka tietoliikenteen voi salata kvanttitietokoneilta. Useat hallitukset ovat osallistuneet operaatioon Dark Webin huumekaupan Alpha Bayn sulkemiseen.

Kiinnostavia lähteitä:

Kierrätyksen, lähivalmistuksen ja talkootyön alustat (9.07) ****

Teknologiakorin kohdealue: Ihmiset ovat luonnostaan yhteistyöhakuisia ja sosiaalisia, vaikka usein kiiinnitämme enemmän huomiota itsekkäisiin motiiveihin ja erimielisyyden alueisiin. Meillä on myös monia yhteisiä tavoittteita, joista kaikki hyötyvät, jos niiden hoitamiseen sitoudutaan yhdessä.

Tietojärjestelmät ja erityisesti alustatalouden sovellukset tekevät transaktioista niin edullisia ja vaivattomia, että meidän on yhä helpompi osallistua yhteiseen tekemiseen. Tietojärjestelmät myös pienentävät monimutkaisuuden kustannusta ja mahdollistavat tavaroiden ja palveluiden tuottamisen lähellä, kunhan tähän liittyvät etsimiskustannukset ja muut transaktiokustannukset sekä luottamus voidaan alustatekniikan avulla ratkaista. Tähän koriin kuuluvat sosiaaliset ja teknologiset innovaatiot, jotka alustatalouden tekniikoita käyttäen edistävät lähivalmistusta, talkootyyppisiä yhteishankkeita ja kierrätystä tai muita luonteeltaan ei-kaupallisia jakamistalouden muotoja.

Kehityksen yleiskuvaus: Linux ja Wikipedia ovat vaikutuksiltaan laajimpia pääosin talkootyöhön perustuvia aikaansaannoksia. Wikipedia on näistä selkeämmin alustatalouden mallin mukaan organisoitu. Havaintojen ja tietojen yhdistely tai laajan ohjelmiston tuottaminen yhteistyössä sopivat erinomaisesti tietoverkoissa toteutettavaksi.

Taloudellisen vaihdannan sijaan monet alustat vetoavat muihin motiiveihin. Puhutaan mainetaloudesta, kun työhön osallistujat toivovat tunnettuutensa kasvavan. Oma kontribuutio saattaa tuntua tärkeältä, jotta itselle tärkeät asiat tulisivat osaksi laajaa kokonaisuutta tai suuruuden ekonomiaa. Osallistuminen voi myös olla ehto sille, että saa palvelun käyttöönsä.

Alustat voivat rahoittaa toimintansa lahjoitusvaroin, kuten Wikipedia tai mainostuotoin, kuten useat muut. Alusta voi toisaalta ottaa osuuden transaktioiden tuotosta tai myydä konsolidoidun työn joitakin tuloksia toiminnan rahoittamiseksi. On lisäksi mahdollista organisoida alusta siten, että osallistujat tuottavat kukin osan siitä niin, ettei yhteisiä kustannuksia synny.

Radikaaleja ideoita on kehitelty laitteiden välisestä taloudesta, alustakooperatiiveista, jakamistaloudesta, jossa marginaalikustannus lähestyy nollaa ja organisaatioiden muuttumisesta dynaamisemmiksi verkostoiksi. Terveydenhuollon laitteiden kuluttajistuminen ja vertaisryhmien organisoituminen, avoimen koodin haima tai konsepti merten Uberistä osoittavat, että tämä kehitys tuskin jättää moniakaan toimialoja rauhaan.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Joukkoistuksen ja vertaisryhmien merkitys aihealueen kehitystoiminnassa on erittäin suuri. Innovaatiot tapahtuvat

yksittäisten ohjelmoijien ja pienten ryhmien toimesta ja laajenevat mittavaksi toiminnaksi osallistujien määrän kasvaessa. Ruohonjuuritason kehitystyö on todella laajaa ja vain pieni osa siitä valloittaa maailman. Akateeminen tutkimus ja suurten organisaatioiden tuote- ja palvelukehitys ovat pienemmässä roolissa kuin joukkorahoitetut ja startup-rahoitetut yritykset sekä löyhästi organisoidut intressiryhmät.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaava kohta on 2.13 Vapaasti organisoituva etätyö ja netissä muodostuvat organisaatiot, joka sijoittui korkeimpaan ryhmään. Siinä mainitut eBay ja Shapeways ovat kasvaneet. Tärkeänä taustapohdintana kehitykselle on julkaistu Jeremy Rifkinin Zero Marginal Cost Society. Tuoretta kehitystä edustaa Be My Eyes-palvelu, jossa vapaaehtoiset toimivat kännykkäkameran välityksellä näkövammaisten silminä.

Alustakooperatiivien idea on kehitetty korvaamaan Uberin kaltaisia kaupallisia toimijoita osuuskuntamaisilla käyttäjien luomilla rakenteilla. Julkinen hallinto on ryhtynyt avaamaan tietovarantojaan yhteiskäyttöön. Lähivalmistuksen ja jakelun kehittämiseksi on ryhdytty rakentamaan pakettilokerikkoja kerrrostaloihin. Perustulon jakamista lähituotannon välineinä on ryhdytty pohtimaan.

3D-tulostuksen arvioidaan vähentävän globaalia kauppaa 40%. Wikihouse pyrkii tarjoamaan rakennussuunnittelua avoimina hankkeina. Opendesk kytkee huonekalusuunnittelun paikallisiin toteuttajiin. Vastaavia toteutuksia on lääkäripalveluiden ja useiden muiden ammattilaisten löytämiseen. Globaalin alustan ja paikallisen toteutuksen yhdistelmät laajenevat nopeasti.

Kierrätykseen 2015 julkaistu paikallista ja globaalia toimintaa glokaaliksi yhdistävä Letgo on noussut miljardin arvoiseksi ja päivittäisiä viestejä on syksyllä 2017 jo 9 miljoonaa. Swap.com on osin suomalaisomisteinen käytettyjen asusteiden vaihtopaikka, jonka liikevaihto 2017 on noin 20 miljoonaa euroa ja tuorein pääomasijoitus oli saman suuruinen.

Kiinnostavia lähteitä:

Hajautetun maksullisen työn alustat, Uber, Youtube (9.08)

Teknologiakorin kohdealue: Työnvälitys ja työhön perustuvien tuotteiden ja palveluiden kauppa hakee tietoverkkojen ja alustatalouden aikakaudella uusia

muotoja. Perinteisen työn tekijöiden ja palveluiden löytämisen ohella tässä korissa käsitellään myös ne alustatalouden välitysfoorumit, joihin oman aikaansaannoksensa voi sijoittaa tarjolle ja, josta mahdolliset asiakkaat sen voivat tilata. Tässä keskitytään pää- tai sivutoimiseen ansiotyöhön ja voittoa tavoitteleviin alustoihin. Voittoa tavoittelemattomat ja talkoohenkiset sekä kierrätykseen perustuvat alustat käsitellään toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Alustataloudessa alustan roolina usein on markkinoida palveluita asiakkaille, valita kullekin työlle suorittaja halukkaaksi ilmoittautuneiden joukosta, valvoa asiakkaan antamaa palautetta ja huolehtia maksuliikenteestä asiakkaalta alustalle ja siitä työn suorittajalle. Alusta alentaa transaktiokustannuksia ja tarjoaa luotettavan kolmannen osapuolen asiakkaan ja palveluiden suorittajan väliin. Alusta välittää sekä laatuarviot että rahaliikenteen ja sulkee palvelusta epäluotettavat tahot.

Yleisimmät maksulliset palvelut alustataloudessa liittyvät taksiliikenteeseen, jossa Uber, Didi ja Lyft ovat suurimmat toimijat. Pelkästään Uberilla on järjestelmässään yli puolitoista miljoonaa aktiivista kuljettajaa syksyllä 2017.

Huoneistojen vuokraus lyhytaikaisia vierailuja varten on muuttunut merkittäväksi toiminnaksi. AirBnB:n liikevaihdoksi arvioidaan kolme miljardia dollaria vuonna 2017. Pääosa huoneistoista on koteja tai kakkosasuntoja, joita tarjotaan vuokralle silloin, kun omistaja itse ei asuntoa tarvitse. Tyypilliset asiakkaat ovat matkailijoita. Vuokraajan työnä on huolehtia asunnon siisteydestä. Aamiaisen tarjoamista pohditaan.

Youtube on hyvä esimerkki alustasta, johon voi laittaa oman työnsä katsottavaksi. Vloggerit ja bloggerit ovat uusi ammattikunta, jotka ansaitsevat osan sivustojensa aikaansaamista mainostuloista. Suosituille vloggereille ja bloggereille videoiden tuottaminen tai kolumnien kirjoittaminen verkkoon voi olla päätyö. Myös 3D-mallien, valokuvien ja ongelmanratkaisun alueilla on alustansa, jotka välittävät maksullista työtä ja työn maksullisia tuloksia.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi on pääosin uusien liiketoimintamallien kehittäminen ja liiketoiminnan kasvattaminen. Riskisijoittajien rahoittamat startupit ovat merkittävimpiä kehittäjiä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Lähinnä vastaava kori edellisessä raportissa on 2.13 Vapaasti organisoituva etätyö ja netissä muodostuvat organisaatiot, joka sijoittui korkeimpaan ryhmään. Uber ja Lyft ovat noin satakertaistaneet liikevaihtonsa edellisen raportin tietojen jälkeen. Uberin

liiketappio ylittää 2 miljardia dollaria. Kiinalainen Didi on nousemassa globaaliksi kilpailijaksi.

AirBnB on kasvanut globaaliksi majoitusjätiksi nopeasti ja toimii voitollisesti. Merten Uberiä kehitetään. Google ohjaa online-lääkäripalveluihin. Online-työn aktiivisin maa on tutkimusten mukaan Intia. Verkkoon tehdyn työn luonne poikkeaa selkeästi maittain. Työn luonnetta algoritmin ylä- ja alapuolella on tutkittu laajasti.

Kiinnostavia lähteitä:

1.8. Globalisoituvat teknologiakomponenttien rajapinnat

Microsoft, Apple ja Google, muiden muassa, ovat osoittaneet sen voiman, joka teollisuusstandardeiksi nousevilla teknologisilla tuotteilla saattaa olla. Kun tuotteet sisältävät rajapintoja, joiden avulla niitä ohjelmoidaan ja käytetään, syntyy rajapintojen varaan ekosysteemeitä ja kokonaisia teknologiaa hyväksikäyttäviä sosioekonomisia systeemeitä. Teknologiat saattavat mahdollistaa käytäntöjä, jotka ovat ristiriidassa sen kanssa, miten yksittäinen valtio haluaisi asiat järjestää. Yksittäisen valtion kannalta globaaleihin rajapintoihin on kuitenkin vaikea vaatia muutoksia tai jättäytyä havaitsemiensa ongelmien vuoksi näiden ekosysteemien ulkopuolelle.
Teknologiarajapinnat järjestävät yhä useammin sosiaalisen, poliittisen ja taloudellisen sekä jopa sotilaallisen vuorovaikutuksen puitteet. Tässä osiossa käsitellyt rajapinnat hyötyvät ja yleistyessään tuottavat suuruuden ekonomiaa, liitettävyyttä ja kasvavia niihin liittyviä ekosysteemeitä. Rajapinnoilla on selkeä pysyvyys ja uudistuksia niihin voidaan käyttäjäkuntaa menettämättä tyypillisesti tehdä vain toiminnallisuutta laajentamalla.
IOT, robotisaatio, keinoäly, virtuaalitodellisuus ja bioteknologia laajentavat kukin kehittyessään teknologiarajapintojen merkitystä ja synnyttävät uusia entistä merkityksellisempiä rajapintoja. Näiden ennakointi on tärkeää, mutta haasteellista.

Modulaarinen robotiikka, robottiekosysteemit (10.01) ****

Teknologiakorin kohdealue: Roboteille on tämän raportin muissa osissa osoitettu lukuisia hyötyjä. Tässä korissa keskitytään robottien kehittämisessä tapahtuvaan erikoistumiseen ja siihen liittyvien ekosysteemien rajapintoihin. Robotit on perinteisesti kehitetty kokonaisvaltaisina hankkeina, joissa on saatettu käyttää sähkömekaanisen ja tietoteknisen teollisuuden vakio-osia, mutta varsinainen robotti on kokonaan suunniteltu ja ohjelmoitu itse.

Erikoistuminen kypsän teollisuuden rakenteiden mukaisesti edellyttää rajapintojen vakiintumista. Kypsässä ekosysteemissä on mahdollista koota robotti yhden toimijan liikuntaelimistä, toisen tartuntaelimistä, kolmannen ulkoisista aisteista ja neljännen kehittämästä tekoälystä. Aihealueen

monimutkaisuuden vuoksi on epätodennäköistä, että kukaan yksi toimija kykenee parhaisiin tuloksiin kullakin eri osa-alueella.

Kehityksen yleiskuvaus: Robotiikan kehitys on modularisoitumassa nopeasti. Robotiikan ohjauselektroniikan hinta on laskemassa kymmenistä euroista eurojen tasolle. Robottien käsiä, sensoreita ja ohjelmistoalustoja myydään ja kehitetään erillisissä hankkeissa, mutta toisiinsa yhteensopivien rajapintojen mukaan. Voimakkaimmin modularisaatio on syntymässä Arduinon ja Raspberry Pi:n ympärille ja selkeintä modulaarisuutta edustavat nyt nelikopterikehitys ja 3D-tulostinten pursotusteknologia.

Modulaarisella robotiikalla on selkeä yhteys IOT-kehitykseen ja AI-kehitykseen, joiden puitteissa on syntymässä useita rinnakkaisia rajapintoja ja alustoja. Nämä luovat mahdollisesti erillisiä ekosysteemeitä, joiden kunkin sisällä modulaarisuus toteutuu, mutta eri ekosysteemeihin tarkoitettujen moduulien yhdistely tullee olemaan hankalaa.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Robotteja tutkitaan laajasti sekä akateemisen motiivin, kaupallisen kilpailun ja uusien liiketoimina-alueiden tavoittein. Modulaarinen robotiikka on akateemisena tutkimuskohteena erityisesti parviälyn ja homogeenisten yhteistoiminnallisten robottien kautta, mutta myös robottiekosysteemien rajapintojen kautta. Kaupallisen robotiikan alueella rajapinnat ja robotiikan ekosysteemit ovat tavoitteena edelleen uusi ja kehitys etenee epäsuorien motiivien vaikutuksesta.

(tiede, yritykset, joukkoistus)

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta on 2.53 Modulaarinen robotiikka, joka sijoittui korkeimpaan ryhmään. Selkeää kehitystä on tapahtunut tämän jälkeen. Useita alle 10 dollarin linux- tai Windows -tietokonemoduuleja sekä Arduino -IoT-ohjauskortteja on tullut myyntiin. Edullisia robottikäsiä on tullut markkinoille.

Robottiliikenteen kehitys on vauhdittanut tekoälyprosessoreiden ja robotiikan modulaaristen sensoreiden kehitystä. Kännyköistä on tullut yhä kyvykkäämpiä robottien aisteiksi, käyttöliittymäksi, tietoliikenne- ja prosessoriyksiköksi. Modulaariseen robotiikkaan on kehitetty uusi ROS-rajapinta. Robottien oppimiseen toinen toisiltaan on kehitetty RoboEarth-pilvipalvelu. ABB ja Kawasaki ovat sopineet yhteisistä rajapinnoista. Universal Robotics on julkaissut sovelluskehitysrajapintojaan.

Kiinnostavia lähteitä:

Koneiden välinen kauppa ja muu verkkokauppa (10.02)

Teknologiakorin kohdealue: Erilaiset algoritmit ja sopivasti opetettu tekoäly kykenevät tunnistamaan hahmoja, pelaamaan pelejä ja etsimään kiinnostavia asioita verkossa olevista tiedoista. Koneet voivat näiden tietojen ja kykyjen perusteella käydä kauppaa meidän puolestamme. Koneilla saattaa myös olla omia ohjelmoituja tarpeita esimerkiksi myyntihyllyköiden täyttöasteeen tai akkujen varausasteen suhteen ja niille voidaan antaa oikeus itsenäisesti sopia kaupat parhaista löytämistään tuotteista.

Tähän koriin kuuluu koneiden valvoma tai suorittama kaupankäynti ja muu verkkokauppa pois lukien puhdas alustatalous, joka on käsitelty toisaalla.

Kehityksen yleiskuvaus: Tietokoneet ovat kyenneet jo pitkään tunnistamaan luottokorttiväärinkäytöksiä ja muita kaupankäyntiin liittyviä anomalioita, joissa henkilöt poikkeavat totutuista tavoistaan epäilyttävällä tavalla. Tekoäly tai sitä lähestyvät algoritmit ovat myös profiloineet käyttäjiä ja valinneet tämän perusteella uutisia, sosiaalisen median viestejä, mainoksia tai tarjouksia.

Koneiden kyky nopeaan reaagointiin on havaittu olennaiseksi pörssikaupassa, jossa kurssit muuttuvat hyvin nopeasti hyvien tai huonojen uutisten tullessa. Tekoäly kykenee reagoimaan näihin hyvin paljon ihmistä nopeammin ja nopeuden vaikutus on usein suurempi kuin virheiden todennäköisyys. Koneiden osuus pörssikaupasta on jo hallitseva. Koneiden rooli muussa kaupassa on selvässä kasvussa.

Verkkokauppa on laajentunut nopeasti palveluiden kaupasta tavarakauppaan. Logistiikan kehittyminen, suuri valikoima, vertaisarvioiden luotettavuus ja tottumus ovat vauhdittaneet kasvua. Tyypillinen verkkokauppa asettaa tuotteet näkyville joko vakioryhmiin tai profiloinnin ja muiden samankaltaisten asiakkkaiden mieltymysten mukaan. Uutena toimintatapana asiakkaan oma AI-assistentti hakee verkosta tuotteita asiakkaan toiveiden mukaan ja keskustelee niistä hänen kanssaan. Asiakas ei välttämättä enää edes näe verkkokaupan sivuja.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi perustuu tietotekniikkayhtiöiden kilpailuun, verkkokaupan kilpailuun ja asiakaskysyntään. Akateemisella tutkimuksella ja startup-yrityksillä on selkeä, mutta vähäisempi rooli.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä kori on uusi ja perustettu verkkokaupan kasvaessa ja koneiden osallistuessa vaihdannan päätöksiin yhä useammin.

EU:n maksupalveludirektiivi PSD2 avaa monille toimijoille suoran pääsyn asiakkaan tilitietoihin. Tämä tullee nopeuttamaan verkkokaupan ja erityisesti asiakkaan omien AI-assistenttien kehitystä entisestään. AI-assistentit ovat jo yleistyneet nopeasti, merkittävimpiä toimijoita ovat Google, Apple, Amazon ja Microsoft. Google Assistant kykenee asioimaan Walmartissa.

Lyft on kehittänyt rajapinnan, jonka avulla voi tilata ja maksaa robottitaksin. GM, Ford ja useat muut ovat ilmoittaneet tukevansa sitä. Robottitaksin täydellistä autonomiaa on konseptoitu. Robotti etsisi ja laskuttaisi kyytinsä, maksaisi omat kulunsa ja toimisi ikään kuin yrittäjä.

Ruoan säilytys kuukausien ajan tuoreena huoneenlämmössä saattaa muuttaa olennaisesti elintarvikkeiden verkkokauppaa.

Kiinnostavia lähteitä:

5G-verkot ja muu globaali verkkoinfrastruktuuri (10.03) **

Teknologiakorin kohdealue: Meidän laitteemme ovat globaaleja sarjavalmisteisia tuotteita. Yhä useammin ne vaativat tietoliikenneyhteyden toimiakseen. Jotta tuotteita voisi kätevästi käyttää, tarvitaan sekä langattomia että langallisia globaaleja tietoliikennestandardeja. Globaalit rajapintojen valtavirrat ja ominaisuudet otetaan tavallisesti huomioon tuotesuunnittelussa ja muiden yhteystapojen käyttö saattaa olla ongelmallista tai mahdotonta.

Kehityksen yleiskuvaus: Autojen väliseen kommunikaatioon on ryhdytty kehittämään autonvalmistajien yhteisiä menettelyitä. 5G-verkkojen kehityksessä huomioidaan erityisesti IOT-kehityksen myötä räjähdysmäisesti kasvava langattomien antureiden määrä sekä audiovisuaalisen informaation aiheuttama kapasiteettitarpeen kasvu ja monien robottien tarve alhaiseen latenssiin.

Maanpäällisten robottien ohjaamista satelliiteista käsin ja avaruudessa toimivaa internet-protokollaa on myös kehitetty. Esteenä nykyisten protokollien käytölle avaruuden etäisyyksillä ja jopa maan päältä geostationaariselle kiertoradalle saakka on liian pitkä viive paketin saapumiskuittauksessa.

Useat eri toimijat ovat edenneet hankkeissa luoda globaali internet-verkko matalan kiertoradan satelliittien, yläilmakehän ilmapallojen tai aurinkoenergiaa käyttävien lentokoneiden avulla.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Tietoliikennesektori on hyvin kilpailtu alue. Verkkolaitetoimittajat, satelliittien laukaisijat ja suuret tietoliikenteen käyttäjät kehittävät sekä standardeja, laitteistoja että palveluita kilpailullisista ja uusiin liiketoiminta-alueisiin tähtäävistä motiiveista. Akateeminen tutkimus edistää hankkeita epäsuorasti ja pidemmällä tähtäimellä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin lähinnä vastaava kori on 2.100 Robottiverkko ja se sijoittui kolmanteeen ryhmään. Nokia on julkaissut 5G verkon valkoisen paperin. Aikataululupauksia 5G-verkon kokeiluista on esitetty. Alphabet on kehittämässä millimetriaalloilla toimivaa Skybender-yhteyttä. Tavoitteena on suunnattu, langaton 1Gb/s-yhteys. Yhteenlaskettu 1,59 Gb/s nopeus on saavutettu 5G-verkossa 20MHz kaistalla yhdestä antennista useisiin päätelaitteisiin. Autojen väliseen kommunikointiin on suunniteltu LTE- ja 5G-yhteyksiä.

OneWeb on saanut $1.7MRD rahoituksen ja aikoo avata satelliitti-internet-yhteydet tarjoavan palvelunsa vuonna 2019. Google, Facebook ja useat muut tahot suunnittelevat sekä satelliiitteihin, ultrakevyisiin lentokoneisiin tai ilmapalloihin perustuvia järjestelmiä internet-yhteyksien tarjoamiseen nykyisten yhteyksien ulkopuolelle jääville ihmisille ja laitteille, jotka vaativat jatkuvan globaalin yhteyden.

Kiinnostavia lähteitä:

Pilvilaskenta- ja -tallennuspalvelut (10.04) ****

Teknologiakorin kohdealue: Tietokoneet, älypuhelimet ja muut internetiin kytketyt laitteet ovat muistikapasiteetiltaan ja käsittelynopeudeltaan rajallisia. Nopean tietoliikenneyhteyden avulla päätelaite voi nojautua verkossa olevaan yhteiseen laskenta- ja muistikapasiteettiin. Nykyiset sovellukset toimivatkin usein siten, että tulokset lasketaan verkon palvelimissa ja ainoastaan esitetään käyttäjän päätelaitteessa.

Puhutaan pilvipalveluista, jolla käsitteellä tarkoitetaan niin pilvessä olevaa laskentakapasiteettia kuin tallennuskapasiteettiakin ja erilaisia sovelluksia. Laskentakapasiteettia siirretään monien organisaatioiden omista konesaleista pilveen ylläpitokustannusten säästämiseksi, kuormituksen tasaamiseksi ja laitehankintaan liittyvien riskien ja pääomantarpeen minimoimiseksi.

Kehityksen yleiskuvaus: Pilvipalvelut ovat nopeasti muuttuneet valtavirraksi. Sekä tallennuskapasiteettia että laskentakapasiteettia voi vuokrata kätevästi ja tarpeen mukaan. Tämä edellyttää, että sovellukset noudattavat virtualisoitujen palvelinten ja työasemien rajapintoja. Pilvipalveluita syntyy yhä enemmän myös sovellustasolla. Yhä useammat laitteet sisältävät toiminnallisia ominaisuuksia, jotka toteutetaan pilvipalveluiden avulla.

Pilvipalveluissa käytetyn tallennustilan vuosikustannus on dramaattisimman asiantuntijaennusteen mukaan laskemassa kolmanteenkymmenenteen osaan vuodesta 2015 vuoteen 2020. Arvio perustuu uuden muistitekniikan yleistymiseen.

Pilvilaskennan uusin suunta on erityisprosessoreissa, joita tarvitaan tehokkaaseen tekoälyyn tai kvanttilaskentaan. Pilvipalveluna tarjotaan näiden erityisprosessoreiden laskentakapasiteettia, josta asiakas maksaa käytetyn laskentatehon ja ajan mukaan.

Pilvipalveluiden käyttöön liittyy mutkikkaita tietoturvakysymyksiä. Laskenta tai tiedon varastointi tapahtuu toisen osapuolen koneissa ja mahdollisesti toisen valtion alueella. Pilvipalveluun liittyy myös tietoliikenteen aiheuttama latenssi. Latenssin vähentämiseksi pilvipalveluita on pyritty hajauttamaan lähemmäs käyttäjiä.

Laskennallisten ja tietohakuja sisältävien tehtävien kannalta pilvipalvelu on erittäin tehokas ja nopea, koska se tavallisesti sijaitsee nopean yhteyden varressa ja tehokkaassa laskentakeskuksessa. Se saa verkosta käyttöönsä sovelluksen tarvitsemat tiedot päätelaitetta nopeammin ja laskee ne nopeammin. Yhteisiä tietoja ei myöskään tarvitse varastoida kuhunkin päätelaitteeseen erikseen.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Ala on erittäin kilpailtu ja kehitys on kaupallisesti motivoitua sekä elektroniikkkateollisuuden että palveluntarjoajien osalta. Akateemisella tutkimuksella on lähinnä epäsuora ja komponenttiteknologiaa pitkällä tähtäimellä edistävä merkitys.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Edellisen raportin vastaava kohta oli 2.28 Pilvilaskenta, massiivinen keskitetty data ja prosessointiteho ja se sijoittui korkeimpaan ryhmään. Massiivisen datan eli Big Datan alue on jaettu tekoälyyn liittyviin koreihin, koska aihealue kasvoi liian suureksi.

Pilvipalveluiden laajuus on nyt noin 300 miljadia dollaria ja sen arvioidaan edelleen kasvavan nopeasti. Yleistymisen lisäksi myös laadullinen kehitys on ollut merkittävää. Nand Flash syrjäyttänee levymuistit. Pilvipalveluiden

muistikapasiteetin tuotantokustannuksen arvioidaan puoliintuvan vuosittain. Amazon tarjoaa Petaflopsin GPU-tehoa AI-sovelluksiin $200 tuntihinnalla. IBM antaa kvanttitietokoneen koekäyttöön pilvipalveluna.

Kiinnostavia lähteitä:

AI:n tekemä globaali työ (10.05)

Teknologiakorin kohdealue: Voidaan miettiä sitä, tekevätkö koneet työtä vai ovatko ne vain käyttäjiensä tuottavuutta parantavia työkaluja. Tämä pohdinta helposti kadottaa jonkin olennaisen elementin tekoälyn, etävaikuttamisen ja pilvipalveluiden aikaansaamasta murroksesta. Ihmisen ja koneiden sekä etäisyyksien ja valtarakenteiden suhteissa tapahtuu muutoksia.

Tässä korissa tarkastellaan tekoälyn pääosin itsenäisesti ja globaalissa mittakaavassa suorittamaa työtä. Erityinen huomio on niissä työtehtävissä, jotka on toistaiseksi tehty paikallisten ihmisten johtamana, vaikka tietokoneita olisi käytetty apuna. Raportissa toisaalla käsiteltyyn alustatalouteen sisältyy tässä tarkoitettuja tehtäviä, kuten myös esimerkiksi tulkkaukseen. Tässä huomio ei kuitenkaan ole tekemisen substanssissa vaan talousmaantieteessä.

Kehityksen yleiskuvaus: Tekoäly kehittyy nyt nopeasti pelien pelaajasta autonkuljettajaksi, kunnossapidon tarpeiden ennakoijaksi, pörssimeklariksi ja urheilu-uutisten toimittajaksi. Osa sovelluksista on hyvin kokeellisia, mutta tekoälyksi laskettavat sovellukset suorittavat jo monia sellaisia tehtäviä, joista aiemmin on vastannut ihminen.

Joissakin tehtävissä tekoäly voidaan opettaa synteettisesti luodulla aineistolla, mutta monet tehtävät vaativat hyvin laajan ja mahdollisesti jatkuvasti uudistuvan opetusaineiston. Tämä johtaa helposti mittakaavaetuihin. Mikäli kehitystyö on suuri ja helposti sovitettavissa kansallisiin erityispiirteisiin, jää sellaiseen tehtävään vain harvoja globaaleja toimijoita. Jos näiden kustannustehokkuus on olennaisesti vastaavan tehtävän ihmistyötä parempi, korvautuu paikallinen ihmistyö globaalin tekoälyn palveluilla.

Ensimmäiset vaikutukset paikallisen työn siirtymisestä globaaliksi on nähty median, verkkokaupan ja alustatalouden piirissä, kun mainosten sijoittelu sekä tavaroiden ja palveluiden tilaaminen ovat osin siirtyneet kansainvälisille alustoille, vaikka osa työstä suoritettaisiin kohdemaissa. Paikalliset matkatoimistot ovat myös selkeä kärsijä. EU:n maksupalveludirektiivin odotetaan johtavan vastaaviin vaikutuksiin pankkialalla.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi on merkittävä alustaliiketoiminnan kehittäjillä, finanssialan toimijoilla, älykkäitä assistentteja kehittävillä tietotekniikkayrityksillä ja riskisijoittajien rahoittamilla startup-

yrityksillä. Joukkorahoitus on potentiaalinen ja käytetty kanava erityisesti mittaus- ja analysointitehtävissä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä kori on uusi ja on perustettu mahdollisilta vaikutuksiltaan merkittävän uuden trendin seuraamiseksi. Globaalit teknologiajätit investoivat $20-$30 miljardia dollaria tekoälyn kehittämiseen ja käyttöönottoon palveluidensa parantamiseksi McKinseyn raportin mukaan. Netflix arvioi AI:n käyttöönoton parantaneen liikevaihtoaan miljardilla dollarissa.

PwC arvioi AI:n kasvattavan maailmantaloutta lähes 16 miljardilla dollarilla vuoteen 2030 mennessä. Karkeasti puolet tästä kasvusta ennakoidaan syntyvät tuottavuuden noususta toisen puolen syntyessä AI-pohjaisista kuluttajatuotteista ja palveluista erityisesti terveydenhuollon, finanssisektorin ja autoteollisuuden piirissä. Accenture ennakoi pankkiasioinnin muuttuvan kolmen vuoden kuluessa AI-pohjaiseksi.

Kiinnostavia lähteitä:

Some/Apps -tietoihin perustuva oppiva AI (10.06)

Teknologiakorin kohdealue: Tekoäly oppii havainnoista ja palautteesta. Kumpiakin tarvitaan todella paljon. Sosiaalisen median ja laajalevikkisten sovellusten avulla on mahdollista saada tekoälyn käyttöön tarvittava suuri joukko havaintoja ja palautetta. Sosiaalisen median alustojen nykyiset omistajat ovat avainasemassa, mutta on edelleen mahdollista kehittää suosituksi tulevia sovelluksia, joille käyttäjät antavat tietojaan tekoälyn opettamiseksi. Tämä kori keskittyy sosiaalisen median ja sovellusten käyttäjiltä keräämän tiedon perusteella oppivaan tekoälyyn.

Kehityksen yleiskuvaus: Syväoppiminen on melko uusi käsite. Siinä tekoälylle opetetaan käsitteitä ja käsiterakenteita sekä asioiden välisiä suhteita kerroksittain. Oppimista ohjataan luokittelemalla tietoja ja valitsemalla kulloinenkin opittava käsitetaso. Puhutaan myös vahvistusoppimisesta tai palauteoppimisesta, jossa tekoäly vahvistaa onnistuneita suoritteita virittäneitä rakenteita hermoston tavoin.

Monissa sovelluksissa käyttäjät oma-aloitteisesti luokittelevat antamiaan kuvia tai mittaustuloksia sovellukselle sekä arvioivat tai vertaavat sovelluksen tai tuttujensa julkaisemia viestejä. Näiden tietojen perusteella tekoälyn on

mahdollista asioita yhdistelemällä tehdä johtopäätöksiä käyttäjästä ja hänen esittämistä asioista tai kysymyksistä ja reagoida niihin oma-aloitteisesti. Tekoäly voi esimerkiksi ryhtyä yhdeksi keskustelijaksi viestiketjussa. Palautteiden mukaan tekoäly saa vahvistusta ja oppii toimimaan tavalla, jossa palaute on yhä myönteisempää.

Käyttäjien älypuhelimet kehittyvät jatkuvasti. Niissä olevien sensoreiden sekä robotisoituvien ajoneuvojen ja muiden laitteiden avulla kerätty tieto lisääntyy nopeasti. Laajennetun todellisuuden lasien ja ajoneuvojen kamerakuvien avulla maailmasta voisi muodostaa lähes reaaliaikaisen mallin. Tämän massiivisempaa opetus- ja tilannetietoa ei tekoäly voi saada demokraattisessa yhteiskunnassa. Näiden informaatiovirtojen hallinta on olennainen kysymys.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Kehitysmotiivi on suuri merkittävillä globaaleilla alustapalveluiden, verkkokauppojen ja sosiaalisen median palveluiden tarjoajilla sekä riskisijoittajien rahoittamilla startup-yrityksillä, jotka tavoittelevat uusia liiketoimintamalleja mobiilisovelluksissa.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä kori on uusi. Google ja Carnegie Mellon havaitsivat tutkimuksessaan, että tekoäly oppi huomattavasti paremmaksi, kun sille annettiin oppimateriaaliksi miljoonan havainnon sijaan sata miljoonaa havaintoa. Käyttäjäsovellus ilmoittaa maanjäristyksestä edeltä käsin, jos joku toinen sovelluksen käyttäjä on lähempänä maanjäristyksen keskusta. Ihmisten liikkumista on seurattu globaalisti kännykkätietojen perusteella. Facebook on avaamassa radikaalia AI-pohjaista käyttöliittymätutkimustaan. NVidia toimittaa tehokkaan (960TFlops) tekoälyjärjestelmän terveydenhuoltoon.

Kiinnostavia lähteitä:

P2P-luottamusratkaisut, lohkoketju (10.07)

Teknologiakorin kohdealue: Ihmisten ja organisaatioiden väliset sopimukset voidaan kiistää tai väärentää. Tärkeimmät sopimukset on tavan mukaan varmennettu luotetun kolmannen osapuolen, tyypillisesti viranomaisen toimesta. Monien organisaatioiden tärkein tehtävä onkin sen hallinta, kenellä on mihinkäkin aineettomaan tai aineelliseen asiaan minkäkinlainen oikeus tai velvollisuus.

Asiakirjan aitous ja allekirjoituksen autenttisuus ovat tärkeimmät varmennettavat asiat sopimuksissa ja niihin liittyvissä transaktioissa. Mikäli tämä on helposti ja kiistämättömästi toteutettavissa sopijaosapuolten kesken, ei keskitettyjen ja pääosin kansallisten organisaatioiden usein hitaita ja kankeita palveluita tarvita. Tässä korissa käsitellään lohkoketjuteknologiaan perustuvia hajautettuja ratkaisuja asiakirjojen ja niihin liittyvien transaktioiden aitouden varmentamisessa.

Kehityksen yleiskuvaus: Lohkoketjuteknologia perustuu salakirjoitettuun lokiin, joka jaetaan osapuolille. Uusia transaktioita lisätään lohkoina, joihin sisältyy tiivistelmä edellisistä tapahtumista. Ketju voi haarautua, mutta aiempia lohkoja ei voida väärentää murtamatta ketjun salausta alusta alkaen.

Lohkoketju soveltuu hyvin monenlaisten rekistereiden ja transaktioiden hajautettuun ja luotettavaan ylläpitoon. Lohkoketjujen vaatima laskentakapasiteetti kasvaa sekä tapahtumamäärän että osapuolten määrän mukaan ja ensimmäisten lohkoketjutoteutusten tehottomuutta on kritisoitu.

Lohkoketju on kasvanut yhdessä Bitcoinin kanssa, mutta monet tahot ovat kehittämässä keskenään hyvinkin erityyppisiä ja alkuperäisestä sovelluksesta poikkeavia järjestelmiä lohkoketjuteknologian avulla. Kiinassa esimerkiksi digitaalikaupunkihankkeessa lohkoketjun avulla jaetaan käyttöoikeuksia ja suoritetaan käytönvalvontaa. Lohkoketjuja aiotaan käyttää myös osakekauppaan ja muuhun arvopaperikauppaan sekä puhelinkeskusteluiden lokitietojen varmistamiseen.

IBM tukee Linux Foundationin hanketta kehittää avoimen koodin lohkoketju -alusta. Alustahankkeita ja markkinoilla jo olevia yleiskäyttöisiä lohkoketjutoteutuksia on useita. Aihealue laajenee hyvin nopeasti ja sen vaikutukset hallinnon rationalisointiin ja perinteisten organisaatioiden valta- ja valvontarakenteiden ohittamiseen on suuri.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Suurin kehitysmotiivi on finanssialan yrityksillä ja tietotekniikkayhtiöillä. Julkiset toimijat seuraavat asiaa aktiivisesti. Akateeminen tutkimus on toistaiseksi vähäistä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä kori on uusi ja syntynyt, kun Bitcoin-kryptovaluutan pohjalla ovevaa teknologiaa ryhdyttiin soveltamaan laajemmin. Blockchain -nimellä eli lohkoketjuina tunnettu järjestelmä soveltuu asiakirjojen aitouden hajautettuun varmentamiseen ja transaktioketjujen luotettavaan todentamiseen.

Potentiaalisia sovelluksia on esitelty hyvin runsaasti, mutta käytännön valmiita, laajamittaisia sovelluksia on markkinoilla vain kourallinen. Ethereum on kasvanut Bitcoinin rinnalle omaksi kryptovaluutakseen ja tämän lisäksi merkittäväksi julkiseksi lohkoketjualustaksi muihinkin sovelluksiin. Ethereum-sovelluksia on toiminnassa noin 240 vuoden 2017 lopussa. Nämä ovat suurelta osin pienimuotoisia pelejä ja muita kokeellisia sosiaalisia sovelluksia. Ethereum sisältää mahdollisuuden tarkistaa transaktioiden täyttävän erityisvaatimuksia.

Finanssiala on kahdessa eri allianssissa kehittänyt Hyperledger- ja Corda-lohkoketjualustat, joista Corda on siirretty avoimen lähdekoodin lisenssille. Sovereign on kehittänyt lohkoketjusovelluksen äänestämiseen. Tunisia kokeilee lohkoketjupohjaista valuuttaa. IBM osallistuu Suomessa lohkoketjupohjaiseen logistiikkahankkeeseen. Keskuspankit pohtivat lohkoketjuvaluuttaa.

Kiinnostavia lähteitä:

Digitaide- ja digielämysalustat (10.08)

Teknologiakorin kohdealue: Digitalisaatio ja keinoäly sekä robotisaatio mahdollistavat uusia tapoja tuottaa sekä elämyksiä että taidetta ja välittää niitä ihmisille. Radikaalit teknologiat mahdollistavat täysin uusia taide- ja viihdemuotoja. Ne myös mahdollistavat aiempien teosten helpon kopioinnin ja kokemisen virtuaalisesti. Tämä kehitys synnyttää uusia, luonteeltaan globaaleja teknologisia rajapintoja jakelutoiminnan, sovellusten, tallenteiden ja päätelaitteiden väliin.

Kehityksen yleiskuvaus: 3D-tulostus on vakiinnuttanut asemansa. Tarjolla on useita globaaleja ja paikallisia palveluita, kuten Shapeways, jonne taiteilija voi asettaa muotoilemansa esineen 3D-mallin tarjolle ja asiakas voi sen sieltä tilata itselleen tulostettuna. Tämän voivat tehdä myös taideteosten kopioijat. Muotoilijat eivät enää joudu sopeutumaan teollisten valmistajien ehtoihin tai rajoituksiin, koska palveluntarjoajat suostuvat tulostamaan kaiken. 3D-tulostimet mahdollistavat myös hyvin monimutkaisten ja toiminnallisten esineiden edullisen valmistuksen. Kineettinen taide on yksi hyötyjistä.

Pelit ja pelinomaiset maailmat ovat muuttuneet kolmiulotteisiksi. Blender ja lukuisat muut 3D-mallinnusohjelmat mahdollistavat yhä realistisempien ja vaikuttavampien 3D-animaatioiden teon ja sellaisten maailmojen luomisen, joihin ihminen voi virtuaalisesti astua sisään ja ryhtyä keskusteluun animoitujen hahmojen kanssa. Digitaalitekniikka mahdollistaa lisäksi yhä monimuotoisemmat ja realistisemmat äänimaisemat.

Robotiikka etenee kohti tanssivia ja muutoin liikkuvia koneita. Robotit voivat liikkua esteettisesti taivaalla, piirtää vaikuttavia kuvioita hiekkaan tai pursottaa

ja asetella ruoan taiteellisesti tarjolle. Robotiikan avulla esteettisesti vaikuttavat ilmiöt ovat siirrettävissä fyysiseen maailmaan vuorovaikutteisesti ilman taiteilijan fyysistä läsnäoloa. Taiteilija voi nähdä ja kuulla yleisönsä ja reagoida tämän tuntemuksiin. Tekoäly voi pyrkiä matkimaan tätä.

Kehitys on toistaiseksi hajanaista, mutta kirjapainon, musiikillisten instrumenttien, radion, television ja tietotekniikan vakiintuminen osoittaa uudentyyppisen sisällön ohjaavan valmistajia kohti standardeja ja standardien ohjaavat sisällöntuottajia yhtenäisiin käytäntöihin. Vuorovaikutteiset digitaaliset taideteokset tai elämykset ovat perustunut käyttäjän vartalon ja käsien liikkeisiin sekä puheeseen. Tulevaisuudessa ne voivat perustua myös suoraan aivojen toimintaan. Kehitysmahdollisuudet ovat hyvin laajat.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Uusien keinojen kokeileminen on taiteilijoiden kokeilunhalun ja uusiutumishalun motivoimaa. Akateeminen motivaatio joissakin ilmaisun muodoissa on selkeä. Peliteollisuuden ja 3D-tulostuspalveluiden tarjoajien motivaatio on selkeä. Joukkorahoitus on luonnollinen kanava monenlaisiin hankkeisiin.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Syväoppimiseen liittyvien läpimurtojen jälkeen CAN-tyyppistä tekoälyä on yhä useammin käytetty taiteellisesti vaikuttavien teosten luontiin. Googlen tekoäly kykenee luomaan tavanomaisista maisemakuvista kauniita. 3D-tulostimilla luodaan runsaasti kineettistä taidetta. Itsevalaisevilla nelikoptereilla okorvattu ilotulitteet. Disney on esitellyt pyörivällä led-siivellä toimivan laajan näyttöpinnan. Ihmisen EEG on tuotettu reaaliaikaiseksi nettijulkaisuksi.

Kiinnostavia lähteitä:

MyData & GDPR (10.09)

Teknologiakorin kohdealue: Monet tiedot ovat arvokkaita. Tieto yksilön luonteesta, kulutustottumuksista ja elämäntilanteesta auttaa kohdistamaan markkinointia ja muita viestejä tehokkaasti. Tieto voi myös altistaa hyväksikäytölle ja vaaroille. Euroopassa on laajalle levinnyt ajatus siitä, että yksilöllä on oikeus määrätä itseään koskevista tiedoista.

Tämä ajatus kulkee nimellä MyData tai Omadata ja se on pikemmin suuntaus kuin selkeä toimintatapa. Monet tiedot koskevat kahdenvälisiä sopimuksellisia

transaktioita eikä ole yksiselitteistä kuuluuko esimerkiksi huoltotyön suoritustapa huoltokohteessa enemmän huoltomiehelle vai asiakkaalle.

Kehityksen yleiskuvaus: OmaData / MyData on suuntaus ja kansainvälinen avoimen kehityksen hanke yhteisten rajapintojen luomikseksi siihen tarkoitukseen, että kansalainen voisi omistaa ja hallita niitä itseään koskevia tietoja, joita eri organisaatiot ovat häneen liittyen henkilörekistereihinsä keränneet.

MyData –kehityksellä voi olla merkittävä arvo kansantaloudelle esimerkiksi sähköisen kaupan lukintojen poistajana, Facebookin kaltaisten toimijoiden valta-aseman kyseenalaistajina ja tietojen siirrettävyyden helpottajina. Lisäksi sen merkitys ihmisten arjessa voi olla suuri sekä arjen sujuvoittamisessa että hallinnan tunteen ja oikeudenmukaisuuden toteutumisen edistäjänä.

General Data Protection Act, GDPR, on EU:n tietosuoja-asetus. Se määrää monella eri tavalla henkilötietojen säilytyksestä ja luovutuksesta MyData-henkisesti. Asetus on astunut voimaan ja organisaatioiden on se tietojärjestelmiinsä EU:n alueella implementoitava. Rikkomuksista voi seurata hyvin suuri, liikevaihtoon perustuva sanktio.

Resursointi ja kehitysmotiivi: EU:n alueella kehitys on hallinnon ohjaamaa tai pakottamaa ja yritykset kehittävät tietojärjestelmiään nopeasti vastaamaan GDPR-vaatimuksia. Muu MyData -kehitys voi edetä tämän työn perusteella.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä kori on uusi. MyData -yhteisö on kasvanut mittavaksi liikkeeksi ja Suomessa se on nostettu hallitusohjelman osaksi. GDPR on laadittu ja astunut voimaan edellisen raportin jälkeen. Vaikutuksista odotetaan mittavia sekä nykyisten tietojärjestelmien muutoksina että uusina liiketoimintamahdollisuuksina tietojen siirrettävyysvaatimusten vuoksi.

Kiinnostavia lähteitä:

AR/VR-alustat ja sisältöjen standardoituminen (10.10)

Teknologiakorin kohdealue: Laajennettu ja virtuaalinen todellisuus ovat ennusteiden mukaan kasvamassa hyvin mittavaksi liiketoiminnaksi. Kyse on perinteistä tietotekniikkaa enemmän sisältöliiketoiminnasta elämysten, opetuksen ja vuorovaikutustapojen puitteissa, mutta myös kokonaan uudesta

tavasta käyttää tietojärjestelmiä, internetiin kytkettyjä elektroniikkalaitteita ja tehdä havaintoja ympäristöstä.

Tämän uuden ympäristön laitekehitys on nopeaa ja toistaiseksi ohjelmistoja on kehitetty kullekin laitteelle erikseen. Standardoituminen on odotettavissa, koska markkina suosii laitteita, joille on saatavilla eniten sisältöä. Tämä kori käsittelee AR/VR-alustakehitystä sisältöjen standardoitumisen näkökulmasta.

Kehityksen yleiskuvaus: VR-lasien ja AR-lasien kehitys on kuvattu toisaalla tässä raportissa. Merkittävimmät VR-lasien toimittajat ovat nyt Facebookin omistama Oculus ja HTC, joilla kummallakin on laitekohtainen oma kehitysympäristö. Markkinoille on juuri tullut Microsoftin ja Intelin yhteiseen määritykseen pohjautuvia Windows 10 -yhteensopivia laitteita useilta merkittäviltä valmistajilta. Google on esitellyt oman DayDream-ympäristönsä Android-puhelimia käyttäviin laitteisiin. Unity-ympäristö on alun perin 3D-peleihin suunniteltu niin sanottu pelimoottori. Sitä voidaan käyttää osana useimpiin VR-maailmoihin tehtyjä sovelluksia.

Laajennetun todellisuuden sovelluksia käytetään AR-lasien lisäksi myös tavallisilla mobiililaitteilla. Mobiililaitteet näyttävän laajennetun todellisuuden elementit takanaan ikään kuin ruudun läpi katsottuna. Ensimmäinen suosittu AR-sovellus oli SkyMap, joka näytti tähtitaivasta katsottaessa tähtikuvioiden ja planeettojen nimet. Seuraava kohusovellus oli Pokemon -peli. AR-sovellusten määrä lisääntyy nopeasti. Applen kehitysympäristö on ARKit, Google on julkaissut ARCore-kehitysympäristön. Microsoftin Hololens-sovelluskehitys ja muiden Microsoftin ja Intelin yhteisen alustan mukaisten Mixed Reality-lasien kehitys tapahtuu samassa Windows 10 -ympäristössä kuin vastaavien VR-lasien sovellusten kehitys. AR-lasien kohutulokas, miljarrdirahoituksen saanut Magic leap ei ole vielä julkistanut tuotevalikoimaansa.

VR/AR-maailma on toistaiseksi laitekeskeinen. Sovellukset ovat pelejä, asiantuntijasovelluksia ja muita kapea-alaisia ohjelmistoja. Aiemmista vastaavista murroksista voidaan päätellä, että asiantuntijakäyttö voi eriytyä laitteittain. Yleiset viihteen ja elämysten sovellukset, mutta erityisesti yhteiset kokemusmaaailmat ja viestinnälliset sovellukset johtavat polarisaatioon. Laajimman sisältötarjonnan alusta saa suurimman käyttäjäkunnan ja entistä enemmän sisältöä; kehitys vahvistaa itseään. On siis todennäköistä, että kovin monia keskenään epäyhteensopivia alustoja ei jää markkinoille pitkäksi ajaksi. Toisaalta voidaan sanoa, että VR/AR-sisällön alustatason standardoitumisella on merkittäviä vaikutuksia ja keskeisin niistä on sisältökehityksen ja oheislaitekehityksen kiihtyminen.

Resursointi ja kehitysmotiivi: Alustakehitys on erittäin kilpailtu alue ja tietotekniikkayritysten motiivi sen kehittämiseen on erittäin suuri ja rahoitus jatkuvasti merkittävä. Riskisijoittajien rahoitus on myös merkittävä.

Arvonluontiverkostovaikutukset:

Suomen erityiskysymykset:

(tarpeet, kyvyt ja kanavat)

Eteneminen edellisen raportin jälkeen: Tämä kori on uusi ja perustettu, koska VR/AR-alustan vakiintuminen tulee vaikuttamaan laajasti tietotekniikan käyttöön. Apple ARKit, Google ARCore, MS Mixed Reality Windows 10 -kehitysympäristö ovat kaikki julkaistu vastikään. Unity on kymmenen vuoden ikäinen ja sille on jo laaja sovelluskanta. Unity on sovitettu keskeisiin AR- ja VR-ympäristöihin.

Kiinnostavia lähteitä:

3 Johtopäätökset ja tulokset

Maailma muuttuu jatkuvasti. Osa muutoksista leviää vaivatta erilaisiin yhteiskuntiin markkinatalouden keinoin. Toiset muutokset aiheuttavat paineita ja johtavat uhkiin ja mahdollisuuksiin sen mukaan, miten kukin valtio kykenee muuttamaan rakenteitaan ja kiinnittämään organisaatioiden ja kansalaisten huomion muutoksiin. Osaoptimointi estää usein muutokset, jotka kokonaisuuden kannalta olisivat hyviä.

Allaolevassa taulukossa on kuvattu tärkeimmät kymmenen laajaa muutosta, globaalit megatrendit. Useimmat tämän raportin käsittelemät asiat sivuavat yhtä tai useampaa megatrendiä, osa megatrendin suuntaa vahvistaen, osa niihin sopeutuen ja osa megatrendien suuntaa kääntäen.

Taulukko: Yleisten muutosten megatrenditaso

1. Globalisaatio etenee: tietoliikenne, Internet, virtuaaliläsnäolo, tavaran ja energian siirto mm. konttiliikenne ja laajat sähkön siirtoverkot, henkilöliikenne, rajojen aukeaminen, pääomien ja osaamispääomien liike, työpaikkojen siirtyminen.

2. Väestön ja sen voimavarojen kehitys Suomessa ja EU:ssa: Väestön ikääntyminen, perhekoon pienentyminen, harmaat pantterit. Väestön terveys- ja koulutus (osaamis)taso paranevat Suomessa ja EU:ssa suhteellisesti vähemmän kuin muualla maailmassa.

3. Väestön ja sen voimavarojen kehitys muualla maailmassa: väestön kasvu suurin maiden välisin eroin, kiihtyvä suurkaupungistuminen. Väestön terveys- ja koulutus (osaamis)taso paranevat.

4. Maailman valtakeskusten muutokset, erityisesti Aasian ja BRIC-maiden ja N11-maiden vaikutusvallan kasvu. Alueellinen ja globaali hallinnollinen yhdentyminen.

5. Talouskasvun hiipuminen ja jatkuvat ulkomaankaupan epätasapainon ongelmat Suomessa ja EU-maissa. Aasian ja BRIC-maiden voimakas talouskasvu.

6. Maailman lisääntyvä eriarvoisuus ja elintasoerot, ruokaturva kasvava ongelma, tribalismi, terrorismi, ääriliikkeet, häiriökäyttäytyminen lisääntyvät

7. Ilmastonmuutos etenee, biodiversiteetti vähenee ja ympäristön laatu heikkenee maailman köyhimmillä.

8. Energian ja muiden rajallisen resurssien niukentuminen ja hinnan nousu

9. Arvomaailman kehitys, maailman kokeminen: monikulttuurisuus, elämyksellisyys, uskonnollisen kollektivismin ja yksilöllisyyden ristiriita kärjistyy , ympäristötietoisuus lisääntyy, teknologiapelot voimakkaita erityisesti geenitekniikkaan ja ydinteknologiaan liittyen

10. Tieteellisen ja teknisen tiedon yhdentyminen: luonnontieteiden yhdentyminen erityisesti nanoilmiöiden tasolla, teknologioiden yhdentyminen erityisesti tuotteisiin liitetyn älykkyyden kautta

3.1 Yhteenveto raportissa esitetyn nelitasomallin tuloksista

Tämä osio kirjoitetaan lopulliseen raporttiin.

3.2 Arvioinnissa käytetyt perusteet ja laskentamenetelmä

Tätä arviointimenetelmää kehitetään lopulliseen raporttiin. Edellisessä raportissa arvioidut kohdat ovat seuraavat:

- ratkaisun kypsyys saa arvion 1-4. Arvio on 1, milloin ratkaisu vaikuttaa mahdolliselta tieteellisen vertaisarvioidun raportin perusteella. Arvio on 2, milloin ratkaisusta on tutkimuslaitoksessa kehitetty prototyyppi ja 3 milloin prototyyppejä on usealla hyvin rahoitetulla ja jatkokehitykseen panostavalla toisistaan riippumattomalla taholla. Maksimipisteet 4 ratkaisu saa kypsyydestä, mikäli ratkaisu on jossakin versiossaan markkinoilla ja markkina näyttää kasvavan siten, että jatkokehitykseen kannattaa kaupallisista syistä panostaa.

- Tieteellinen kiinnostavuus saa arvion 0-2. Arvio on 1 mikäli ratkaisua sivuavaa ja sitä edistävää tieteellistä tutkimusta tehdään runsaasti, ja 2, mikäli tutkimusta tehdään erityisen runsaasti ja laajasti.

- Itsenäisten R&D-polkujen laajuus saa arvion 0-1. Arvio on 1, mikäli ratkaisuun liittyvää tyotekehitystä tehdään laajasti kaupallisilla markkinoilla, julkishallinnossa tai harrastemarkkinoilla ja käyttäjäyhteisöissä.

- Suomen osaaminen saa arvion 0-1. Arvio on 1, mikäli Suomessa on merkittävää T&K-osaamista tai tutkimusosaamista radikaaliin teknologiseen ratkaisuun olennaisesti liittyvillä alueilla.

- Suomen access saa arvon 0-3. Arvo on yksi, mikäli meillä on selkeä kytkentä sellaiseen globaaliin asiakaskuntaan, joka voisi omalla toiminta-alueellaan käyttää tarkasteltavaa ratkaisua hyväkseen. Arvo on 2, mikäli kytkentä on sen luontoinen, että nyt myytäviin tuotteisiin tai välittömästi niihin liittyen voitaisiin toimittaa tarkasteltavaa ratkaisua. Arvo on 3, mikäli edelliset ehdot täyttyvät ja asema koko potentiaalisessa markkinasegmentissä on voimakas.

- Jokaisen radikaalin teknologisen ratkaisun potentiaali arvioidaan erikseen kussakin arvonluontiverkostossa asteikolla 0-20. Arvon 1 saa, mikäli ratkaisun voi onnistuessaan nähdä tuottavan jotakin lisäarvoa kyseisen verkoston pääasiallisen arvonluonnin näkökulmasta. Arvon 3 saa, mikäli tuotettu lisäarvo voi onnistuessaan olla huomattava, vähintään kymmeniä miljoonia euroja Suomen mittakaavassa tai laaja vaikutus ihmisten arkeen. Arvon 5 saa, mikäli potentiaalinen lisäarvo on yli sadan miljoonan euron tai vaikutus ihmisten arkeen on laaja ja merkittävä. Arvon 10 saa, mikäli potentiaalinen vaikutus on yli miljardi euroa tai vaikutus ihmisten arkeen on laaja ja ratkaiseva. Arvon 20 saa, mikäli ratkaisu on arvonluontiverkoston pääasiallisen kuvatun kehityksen kannalta välttämätön.

Radikaalin teknologisen ratkaisun suhteellinen merkitys lasketaan summaamalla ensin ratkaisun potentiaali eri arvonluontiverkostoissa ja summaamalla tarvittavien panosten valmius ja kertomalla näin saadut kaksi lukua keskenään. Tarvittavien panosten valmiudessa korostetaan kypsyyttä siten, että sille annetaan summaa laskettaessa kaksinkertainen paino verrattuna tieteellinen kiinnostavuuteen, itsenäisten r&d-polkujen laajuuteen, Suomen osaamiseen ja Suomen accessiin, Kaava ja sen eri elementtien painotukset ovat intuitiivisesti valittuja, ja kaavasta painotuksineen tulee käydä kriittistä keskustelua. Kaavan perusrakenne on kuitenkin perusteltavissa tarvittavien panosten ja mahdollisten tuotosten potentiaalisen suhteen kautta, ja taulukon avulla jokainen asiasta kiinnostunut voi kokeilla erilaisia painotuksia ja niiden vaikutusta listan järjestykseen.