EDUSKUNNAN TULEVAISUUSVALIOKUNNAN JULKAISU 6/2013

SUOMEN SATA UUTTA MAHDOLLISUUTTA: RADIKAALIT TEKNOLOGISET RATKAISUT

SUOMEN SATA UUTTA MAHDOLLISUUTTA: RADIKAALIT TEKNOLOGISET RATKAISUT

Risto Linturi, Osmo Kuusi ja Toni Ahlqvist

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 6/2013

Tulevaisuusvaliokunta

00102 Eduskunta

www.eduskunta.fi/tuv

Helsinki 2013

ISBN 978-951-53-3514-2 (nid.)

ISBN 978-951-53-3515-9 (PDF)

Sisällys

Alkusanat 5
Tiivistelmä 9
Johdanto 13
1 Arvonluontiverkostojen taso: merkitysalueiden teknologiakorit 16
1.1 Henkilöautoliikenteen automatisointi 18
1.2 Tavaraliikenteen automatisointi 19
1.3 Lähivalmistus ja teollisen rakenteen murros 21
1.4 Kaupan ja palveluiden virtualisoituminen 22
1.5 Lähiruoka ja funktionaalinen ravinto 24
1.6 Etäläsnäolo ja työkalujen kauko-ohjaus 26
1.7 Oppimisen ja opastuksen yksilöllistyminen 27
1.8 Toimintakyvyn säilyttämistä tukeva omatoiminen ja yksilöllinen terveydenhuolto. 28
1.9 Toimintakyvyn lisääminen toimintakykynsä menettäneille 30
1.10 Tietoisuutta toimintaympäristöstä lisäävät välineet 32
1.11 Toiminnalliset materiaalit ja uudet materiaaliteknologiat 34
1.12 Tavaran älykkyyden toiminnalliset lisäarvot 35
1.13 Kestävän kehityksen energiateknologiat 36
1.14 Raaka-aineet maapallon hyödyntämättömiltä alueilta ja avaruudesta 38
1.15 Viihteen, kulttuurin ja vaikuttamisen osallistuvat muodot 40
1.16 Maanpuolustus ja terrorismin torjunta 42
1.17 Tilojen ja rakenteiden toiminnallistuminen 43
1.18 Itseorganisoituvat yhteisölliset toimintatavat 44
1.19 Identiteettien ja sosiaalisten rakenteiden virtualisoituminen 47
1.20 Demokratia, vapaus ja sosiaalinen koheesio 49
2 Sovellustaso: yksittäiset teknologialäpimurrot 52
2.1 Rutiinimainen kattava DNA-luenta **** 54
2.2 Tauteja, fysiologisia tiloja ja organismien ominaisuuksia nopeasti ja halvalla tunnistavat biosirut tai biosensorit **** 55
2.3 Pieni ja halpa magneettikuvain * 56
2.4 Geenitietoon perustuvat lääkkeet *** 56
2.5 Nanohiukkasten ja mikrobottien käyttö tautien hoidossa * 57
2.6 Eliniän pidentäminen ja ikääntymisen hidastaminen ** 58
2.7 Henkilökohtainen oman kehon analysaattori **** 59
2.8 Aivojen korjaaminen ja kykyjen kasvattaminen implanteilla ** 60
2.9 Dementiaa ehkäisevä lääkitys **** 60
2.10 Elinten korjaaminen ja takaisinkasvatus, soluviljely ** 61
2.11 Synteettinen ruston korvaaja * 62
2.12 Oppimisen uudelleenorganisointi **** 63
2.13 Vapaasti organisoituva etätyö ja netissä muodostuvat organisaatiot **** 64
2.14 Ihmisten tunnistus (dna, kamera) *** 65
2.15 Emootioiden projisointi ja automaattinen tunnistaminen *** 66
2.16 Henkilökohtaisen elämän tallennus ja sisältöhaku *** 67
2.17 Puheentunnistus ja simultaanitulkkaus *** 67
2.18 Joukkorahoitus ja muu mikrorahoitus ** 68

2.19 Avoin data ja Big data **** 69
2.20 Yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen **** 70
2.21 Liikkeisiin perustuvat käytönohjaimet *** 71
2.22 Laajennetun todellisuuden välineet **** 72
2.23 Haptiset käyttöliittymät **** 72
2.24 Suuret kosketusnäytöt *** 73
2.25 Digitaalipeili ** 74
2.26 Suora ohjaus ajatuksilla ** 75
2.27 Nanohiilet joustavan näyttölaitteen pintana, valaisimena ** 75
2.28 Pilvilaskenta, massiivinen keskitetty data ja prosessointiteho **** 77
2.29 Grid computing, käsittelykapasiteetin hajautus *** 77
2.30 Hahmontunnistus ja hahmojen hakupalvelut *** 78
2.31 Kappaleiden helppo 3D-kuvantaminen *** 79
2.32 Ympäristön reaaliaikainen 3D-mallinnus **** 80
2.33 Itseorganisoituva virtuaalimaailma verkon 3D-datasta * 81
2.34 Itseorganisoituva data ** 82
2.35 Uudet nopeat ja tiheät muistimateriaalit ** 82
2.36 Aivojen simulointi, kartoitus *** 83
2.37 Kvanttitietokoneet * 84
2.38 Halpa LIDAR *** 85
2.39 Linssitön kuvantaminen ja laskennallisesti muodostetut kuvat *** 86
2.40 Materiaalitutka **** 87
2.41 Halvat kaasujen tunnistimet *** 87
2.42 Erittäin herkkä kamerakenno perustuen nanohiiliin ** 88
2.43 Painettavat yms. halvat sensorit **** 89
2.44 Terahertsiaaltojen manipulointi grafeenilla *** 90
2.45 Robottiauto **** 91
2.46 1- ja 2-pyöräiset henkilö- & tavarakuljettimet *** 92
2.47 Nelikopterit *** 92
2.48 FlyNano ja muut kevytlentokoneet * 93
2.49 Tyhjiösukkula * 94
2.50 Suprajohteen magneettinen lukinta ja muu levitaatio * 95
2.51 Cubesat-nanosatelliitit ja muu avaruuden helpompi saavuttaminen ** 95
2.52 Kevyet jatkuvasti lentävät laitteet *** 96
2.53 Modulaarinen robotiikka **** 97
2.54 Kävelevä, kädellinen robotti **** 98
2.55 Kyberhyönteinen * 99
2.56 Tavaroiden 3D-tulostus **** 100
2.57 Rakennusten 3D-tulostus ** 101
2.58 Materiaalin 3D-tulostus ja 4D-tulostus ** 102
2.59 Elinten 3D-tulostus * 102
2.60 Robottikirurgia ja muu biologisten objektien leikkaaminen ** 103
2.61 Herkät etätyöhön kykenevät robottisormet ja kädet *** 104
2.62 Robottiräätäli * 105
2.63 Vettä ilmasta nanopinnoilla * 106
2.64 Biorobotit * 106
2.65 Keinotekoiset lihakset ** 107
2.66 Keinotekoinen itseään korjaava iho * 108

2.67 DNA-muistit * ... 108
2.68 Elämän simulointi solutasolla ja keinosolu *** ... 109
2.69 Soluviljelty liha ja lihan kaltainen kasviproteiini * ... 110
2.70 Robottijalat ja liikkumista vahvistava haarniska **** ... 111
2.71 Geenimuunnellut organismit monikäyttöisten materiaalien tuottajina *** ... 112
2.72 Äärimmäisen tiheät, kvantti-ilmiöt huomioon ottavat prosessorit **** ... 113
2.73 Uudet teräsbetonin korvaavat rakennusmateriaalit * ... 114
2.74 Antibakteeriset ja muut likaa hylkivät materiaalit ja pinnat **** ... 114
2.75 Nanohiililanka ** ... 115
2.76 Nanohiilet suolan tai bakteerien poistossa ja muussa erotustekniikassa * ... 116
2.77 Nanohiili lujitteena tai toiminnallisena pintana ** ... 117
2.78 Nanosellu ja mikrokuitusellu **** ... 118
2.79 Nanotasolla levitoivat materiaalit * ... 119
2.80 Kevyet ja lujat materiaalit *** ... 119
2.81 Ruiskutettavat tekstiilit ** ... 120
2.82 Nopeasti halventuva aurinkoenergia **** ... 121
2.83 Tehokkaat kevyet aurinkopaneelit ** ... 122
2.84 Keinotekoinen lehti, synteettisesti polttoainetta auringonvalosta ja hiilidioksidista * ... 124
2.85 Nestemäisten polttoaineiden tuotanto entsyymien, bakteerien ja levien avulla ** ... 125
2.86 Lentävät tuulivoimalat ja muu uudentyyppinen tuulivoima ** ... 125
2.87 Piezosähköiset energialähteet, kineettisen energian talteenotto ** ... 126
2.88 Sarjavalmistetut pienydinvoimalat, fissio ja fuusio * ... 127
2.89 Kevyet tehokkaat nopeasti ladattavat akut ja kondensaattorit **** ... 128
2.90 Energian massiivinen varastointi suurtehoakkuihin *** ... 129
2.91 Aurinkolämpö ja lämmön pitkäaikainen varastointi *** ... 130
2.92 Vedyn edullinen säilytys nanorakenteiden avulla * ... 131
2.93 Johdoton voimansiirto (magnetismi), sähköautoihin ym. sähkölaitteisiin ** ... 132
2.94 Suurteholaserit, langaton tehonsiirto, laseraseet * ... 133
2.95 Nanoradio * ... 134
2.96 LED-"radio" * ... 135
2.97 Langaton siirto 2.5 terabittiä sekunnissa (vortex beam) *** ... 135
2.98 Monikanavainen kommunikointi ja ohjelmistopohjainen tietoverkkojen hallinta ** ... 136
2.99 Sähköraha, aikapankit **** ... 137
2.100 Robottiverkko ** ... 138
3 Viennin edellytykset: nopeat kotimarkkinat ja valmiit verkostot ... 140
3.1 Tuotteittain ja palveluittain tehty Suomen tärkeiden vientialueiden jaottelu ... 142
3.1.1 Moottorit ja mekaaniset koneiden osat ... 143
3.1.2 Toimialakohtaiset erikoiskoneet ... 143
3.1.3 Rakentaminen ... 143
3.1.4 Sähkölaitteet ... 143
3.1.5 Mekaaninen puu ... 144
3.1.6 Muoviraaka-aineet ... 144
3.1.7 Teräs- ja alumiiniteollisuus ... 144
3.1.8 Paperi ja pahvi ... 144
3.1.9 Lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit ... 145

3.1.10 Mittalaitteet 145
3.1.11 Kemialliset raaka-aineet 145
3.1.12 Meriteollisuus 145
3.1.13 Peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus 145
3.1.14 Turkisala 146
3.1.15 Henkilö- ja tavaraogistiikka 146
3.1.16 Tietotekniikka 146
3.1.17 Matkailuala 146
3.2 Uusia, Suomen viennille keskeisiä tarve- ja asiakaslähtöisiä ryhmittelyitä 147
3.2.1 Cleantech 147
3.2.2 Arktinen teknologia 148
3.2.3 Biotalous 148
3.3 Teollisuudenalat jalostusarvon mukaan 148
3.4 Radikaalien teknologioiden kiinnostavuus viennin kannalta 149
4 Teknologista menestystä tukeva ja yhteiskunnallisiin haasteisiin vastaava tieteellinen perustutkimus 151
5 Johtopäätökset ja tulokset 174
5.1 Yhteenveto raportissa esitetyn nelitasomallin tuloksista 175
5.2 Arvioinnissa käytetyt perusteet ja laskentamenetelmä 177
5.3 Politiikkasuositukset 178
5.3.1 Kilpailulainsäädäntö ja vaativat asiakkaat 178
5.3.2 Lainsäädännön esteiden purkaminen 179
5.3.3 Huomiotalous ja osaamisen kehittäminen 179
5.4 Tämän raportin ja esitetyn metodin jatkokehitystarpeet 180
5.5 Kiitokset 181

Hyvät lukijat,

Kädessänne on Eduskunnan Tulevaisuusvaliokunnan teettämä tutkimus tulevaisuuden radikaaleista teknologioista. Perustelen tässä esipuheessani sen, miksi tämä tutkimus on Euroopan, jopa maailman mittapuulla ainutlaatuinen. Annan perustelut myös siihen, miksi tähän tutkimukseen kannattaa tutustua ja miten tätä tutkimusta kannattaa lukea sekä tulkita.

Tutkimus on tarkoitettu kaikille tulevaisuudesta kiinnostuneille, olipa lukija sitten valistunut kansalainen, tutkija, yrittäjä tai vaikkapa uusia sijoituskohteita etsivä sijoittaja. Tarkoituksenani ei ole käsitellä tässä esipuheessa kovin syvällisesti tutkimuksemme syntyneitä tuloksia, vaan antaa selkeä yleiskatsaus siitä, mitä olemme tehneet. Jotta pystyn perustelemaan tutkimuksemme arvon, ja ennen kaikkea vertailemaan sitä muihin vastaaviin, joudun kuitenkin seuraavissa kappaleissa käyttämään hieman syvällisempää analyysia.

Suomessa ei ole aiemmin tehty vastaavanlaajuista kansallisen tason mallia radikaalien nousevien teknologioiden arviointiin. Käsittelemme tutkimuksessamme sataa tärkeintä uutta teknologiaa kaikkiaan kahdessakymmenessä eri arvonluontiverkossa. Arvonluontiverkostolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa maailmanlaajuisten megatrendien ja kansalaisten tarpeiden kautta luotuja kysyntäryppäitä sekä muutoksen alueita. Tutkimuksessa on lisäksi luotu radikaalien teknologioiden nelitasomalli, jonka avulla eri radikaaleja teknologioita voidaan pisteyttää, jolloin teknologiat voidaan järjestää erityyppisiksi listauksiksi. Tämä eri teknologioiden järjestäminen tärkeysjärjestykseen on tutkimuksemme tärkein lisäarvo.

Erilaisia listauksia tärkeimmistä teknologioista voi tehdä lähes kuka tahansa, mutta juuri kukaan ei kykene kertomaan, miksi jokin teknologia on toista tärkeämpi, tai millä kriteereillä listaus on muodostettu. Menetelmämme tärkeä lisäarvo on myös se, että voimme järjestää teknologiat myös eri arvonluontiverkostojen näkökulmista. Yhtä ja samaa teknologiaa voi käytännön tasolla käyttää varsin moniin eri tarkoituksiin, ja sama teknologia voi vaikuttaa useassa arvonluontiverkossa. Tämän lisäksi voimme järjestää teknologiat siten, että näemme millä teknologiaosa-alueilla tarvitsemme lisää myynninedistämistä, missä tarvitsemme lisää tutkimusta ja tuotekehitystä tai millä teknologia osa-alueilla vaaditaan lisää kotimaisten referenssien tukemista. Tätä on arvioitu suhteuttamalla radikaaleja teknologioita Suomen vientiklustereihin. Annamme kansantalouden ja viennin kasvua tukevat poliittiset suositukset luvussa 5.3. Kärsimätön lukija siirtyneekin suoraan tähän lukuun.

Mallimme avulla voidaan siis järjestää erilaiset lupaavat radikaalit teknologiat paremmuusjärjestykseen. Vertailtaessa muita vastaavia teknologialistauksia, joita on kyllä tehty hyvin runsaasti ympäri maailmaa, voidaan todeta, että se kriteeristö, millä nuo listaukset on tehty, ei välttämättä kestä tarkempaa tieteellistä tarkastelua. Osa listauksista on saatettu tehdä aivan viihteellisyyden vuoksi. Toiset listaukset puolestaan saattavat painottaa tekijöiden omia intressejä. Tärkeimpänä huomiona näistä muiden tahojen tekemistä teknologialistauksista totean sen, että näissä muiden tekemissä listauksissa on lähes aina

sekoitettu eri kehitysvaiheissa olevat teknologiat keskenään, jolloin keskinäinen vertailu on mahdotonta. Nelitasomallimme puolestaan erottelee eri kehitysvaiheessa olevat teknologiat, ja tästä saatava lisäinformaatio on keskeinen tekijä arvioidessa sitä, mitä poliittisia toimia täytyy tehdä eri teknologioiden edistämiseksi. Jotkin teknologiat ovat vasta tutkijoiden pöydällä, toisia jo testataan piloteilla ja kolmannet ovat juuri tuotteistumassa uusiksi tuotteiksi. Tärkeä lisäarvo tekemässämme tutkimuksessa on siis se, että teimme mallin, jonka avulla eri teknologiat voidaan listata tärkeysjärjestykseen. Malliamme voidaan jatkossa myös kehittää ja parantaa, näin saamme jatkossa entistäkin parempia ja tarkempia tuloksia.

Seuraavaksi muutama sana radikaalit teknologiat nelitasomallin synnystä: tutkimuksemme avainkysymykseksi asetettiin, miten pystyisimme löytämään tulevaisuuden radikaalit innovaatiot ja teknologiat? Asetin myös äärettömän kovan haasteen etsiä ja luoda työkalu, jolla teknologioita voidaan laittaa automaattisesti järjestykseen. Erityisesti minua kiinnostivat nousevat teknologiat, joita voitaisiin etsiä tällaisesta listauksesta, kunhan sitä päivitetään säännöllisin väliajoin. Asiantuntijajoukoksi valikoitui teknologian ennakoinnin Suomen tämän hetken kärkijoukko, Osmo Kuusi, Risto Linturi sekä Toni Ahlqvist. Kun mukaan luetaan tulevaisuusvaliokunnan pysyvän asiantuntijan Olli Hietasen työpanos, niin on selvää että kansainvälisestikin arvioituna ryhmämme oli erittäin kovatasoinen.

Nelitasomalli on kehittynyt pikku hiljaa ja monessa eri vaiheessa. Ensimmäiset askeleet tuolloin vielä kolmitasomallin syntymiseksi otettiin jo vuonna 2012, Osmo Kuusen väliraporttia ”Tulevaisuuden radikaalit teknologiset ratkaisut” tehtäessä. Radikaalien teknologioiden mallin kaaviokuva hahmottui taululle keskustelu keskustelulta. Varsinaiseen mallinrakennukseen ryhdyttiin kuitenkin vasta tässä hankkeessa. Esiselvitys ja jatkohanke yhdistivät luovalla tavalla eri henkilöiden, tutkimuslaitosten ja tulevaisuusvaliokunnan ajattelua. Malli kehittyi pala palalta. Kolmitasosta tuli nelitaso - ja kukapa tietää, vaikka joskus tulevaisuudessa tasoja tulisi vielä lisääkin. Nelitasomalli on esitelty seikkaperäisesti raportin tiivistelmässä.

Luvussa 1 kuvataan kaksikymmentä Suomen tulevaisuuden kannalta tärkeintä arvonluontiverkostoa. Arvonluontiverkolla kuvataan maailmanlaajuisiin tarpeisiin perustuvaa yhteiskunnallista ja teknologista muutoksen aluetta. Arvioimme, että vuoteen 2030 mennessä ihmiset ja organisaatiot tyydyttävät valtaosan tarpeistaan näiden kahdenkymmenen arvonluontiverkon kautta. Se, mikä arvonluontiverkko kasvaa suurimmaksi, ei Suomen viennin kannalta ole olennaista, koska kunkin arvonluontiverkon koko on riittävä siihen, että pienikin markkinaosuus olisi Suomelle merkittävä. Tutkimukseen valikoituihin arvonluontiverkkoihin tutustumalla lukija saa erittäin hyvän näkemyksen tulevaisuuden teknologiakehityksestä. Käymme läpi kunkin arvonluontiverkon osalta nykytilan kustannuksineen, uuden toimintamallin säästöineen, teknologisen valmiuden kehityksen, siirtymäkauden ongelmat, lainsäädännölliset ja rakenteelliset esteet sekä uuden teknologian luomat uhat.

Luvussa 2 kuvataan nelitasomallin sovellustasolle valikoituneet sata teknologia-aluetta tai teknologista ratkaisua, joista saattaa syntyä maailmaa mullistavia tuotteita tai palveluita. Sadan radikaalin teknologiaratkaisun listalle on valittu lupaavimmat teknologiat siten, että niiden tulisi olla saatavilla viimeistään 2020. Tämä siksi, että tällöin näiden teknologioiden vaikutus voisi olla laaja vuoteen 2030 mennessä. Tutkimuksemme keskeinen ha-

vainto on se, että vertaillessa eri teknologioita keskenään, on tärkeää arvioida myös näiden teknologioiden kypsyystasoa. Tämä arviointi puuttunee useimmista vastaavista teknologialistauksista. Jokaisen teknologian osalta käydään läpi lyhyt esittely viitteineen, kehityksen kärjet, sovellusalueet, kypsyystaso, tieteellinen kiinnostavuus sekä kytkennät arvoverkkoihin ja vientiverkostoihin. Sata teknologiaa on jaettu yhteentoista ryhmään, joita ovat ihmisen ja eliöiden tutkimus ja hoito, yhteiskunnalliset ja sosiaaliset sovellukset, käyttöliittymäteknologiat, algoritmit ja tietotekniikka, mittaaminen ja kuvantaminen, liikkuminen ja liikuttaminen, robotit, luonnon jäljittely ja kyborgit, keskeiset mahdollistavat materiaalit ja teolliset raaka-aineet, energiateknologia sekä viestinvälityksen teknologia ja protokollat. Näin ollen valistunut lukija voi tutkia tulevaisuuden radikaaleja teknologioita ryhmittäin, oman kiinnostuksenkohteensa mukaisesti. Jostakin tietystä teknologiasta tai teemasta kiinnostuneen lukijan kannattaa kuitenkin huomata, että moni luvussa 2 esitetty teknologia voisi kuulua usean eri ryhmän alle, vaikka ne nyt onkin kirjattu esitysteknisistä syistä vain yhteen ryhmään.

Luvussa 3 kuvataan nelitasomallin kolmas, eli vientialueiden asiakasosaamiseen keskittyvä taso. Tämä taso supistaa sitä katsantotapaa millä voisimme arvottaa koko radikaalien teknologioiden kenttää, siten että tarkastelemme teknologioita Suomen vientisektorin kannalta erityisesti viennin asiakasosaamisen kautta. Mallimme keskeinen huomio onkin se, että radikaalien teknologioiden tapauksessa pitää painottaa sitä, kuinka helppo pääsy suomalaisilla toimijoilla on uusien teknologioiden asiakaskuntaan. Kuvaamme tässä osiossa merkittävimmät valmiit verkostot, joiden avulla voimme mahdollisia kilpailijamaita tehokkaammin kaupallistaa kuvattuihin alueisiin arvoa tuottavia teknologioita, sekä toisaalta kuvaamme ne vientiteollisuutemme alueet, joissa etumatkamme voi kärsiä, mikäli kilpailijamme omaksuvat meitä nopeammin tärkeitä, lisäarvoa tuottavia teknologioita.

Luvussa 4 kuvataan tieteellisen perustutkimuksen avaamat mahdollisuudet teknologisille läpimurroille. Tieteellisen tutkimuksen läpimurrot ovat aiemminkin näkyneet varsin pitkällä viiveellä teknisinä läpimurtoina. Nelitasomallissamme kuvataan perustutkimuksen aiheuttama epälineaarinen vaikutus sekä radikaalien teknologioiden tasoon, että globaaleiden arvonluontiverkostojen tasoon. Etenkin radikaalien teknologioiden tasoa ajatellen tieteen kehittyminen on erittäin keskeinen, muutoksia aiheuttava tekijä. Siitä kun perustutkimuksessa tehdään jokin tieteellinen läpimurto, menee useimmissa tapauksissa vuosia tai jopa kymmeniä vuosia ennen kuin ensimmäiset sovellukset tulevat myyntiin. Keskeinen tutkimuksessa tehty havainto on se, että tämän viiveen lyhentämistä pitäisi pyrkiä edistämään lisäämällä tutkijoiden ja teknologian soveltajien välistä vuorovaikutusta. Luvussa esitellään lisäksi maailmanlaajuisesti ”kuumimmat” tutkimusalat lämpökarttoina. Tarkastelemalla näiden lämpökarttojen muutoksia vuosittain voidaan havaita kuinka perustutkimuksen painopisteet muuttuvat ajan myötä. Koska perustutkimus vaikuttaa radikaaleihin teknologioihin viiveellä, täytyy perustutkimuksen muutoksia tarkastella jopa kymmenen vuotta taaksepäin.

Luvussa 5 esitellään raportin johtopäätökset ja tulokset sekä annetaan politiikkasuositukset. Olen tässä esipuheessa käynyt joitakin johtopäätöksiä jo läpi, lisäksi kyseinen kappale on sangen lyhyt, joten kärsimätön lukija voi helposti lukea koko luvun. Luku sisältää tärkeimmät huomiomme, jotka ovat syntyneet tutkimuksen teon aikana. Varsinaiset tulevaisuuspolitiikkasuositukset tulevaisuusvaliokunta tekee vasta myöhemmin, valtioneuvoston tulevaisuusselontekoon vastatessaan (eduskunnan tulevaisuusmietinnössä).

Jatkokehityskohteista tärkeimpänä näen raportin tuloksena syntyneen mallin kehittämisen, ja laskentamatriisin päivittämisen. Johtuen radikaalien teknologioiden nopeasta kehittymisestä, voin todeta, että tutkimuksemme on tällä hetkellä absoluuttisen oikeassa, mutta aivan taatusti jo puolen vuoden tai vuoden päästä väärässä. Näin ollen tämän tyyppinen tutkimus vaatii jatkuvaa päivittämistä. Eräs vaihtoehto voisi olla se, että aukaisisimme nettisivut, johon tämä koko materiaali linkkeineen lisättäisiin. Nettisivujen kautta kansalainen voisi myös ehdottaa uusia radikaaleja teknologioita ja antaa arvioita siitä, miksi juuri kyseinen teknologia on tärkeä.

Haluan esittää kiitokset työryhmän jäsenille Risto Linturille, Osmo Kuuselle sekä Toni Ahlqvistille. Tämän työn ohjaaminen on ollut ilo, ja on ollut hienoa nähdä kuinka innostuneita ja omistautuneita tälle asialle olette olleet. Tämän työn arvo tulee vielä nousemaan tulevaisuudessa, ja olette kirjoittaneet sellaisen tutkimuksen, jota tullaan lukemaan vuosien päästäkin. Kiitän tulevaisuusvaliokunnan puheenjohtajaa Päivi Lipposta kannustuksesta ja hyvän ilmapiirin luomisesta koko tulevaisuusvaliokuntaan. Samalla kiitän koko tulevaisuusvaliokuntaa sekä valiokuntaneuvosta Paula Tiihosta sekä pysyvää asiantuntijaa Olli Hietasta.

"Matka on vasta alussa!"

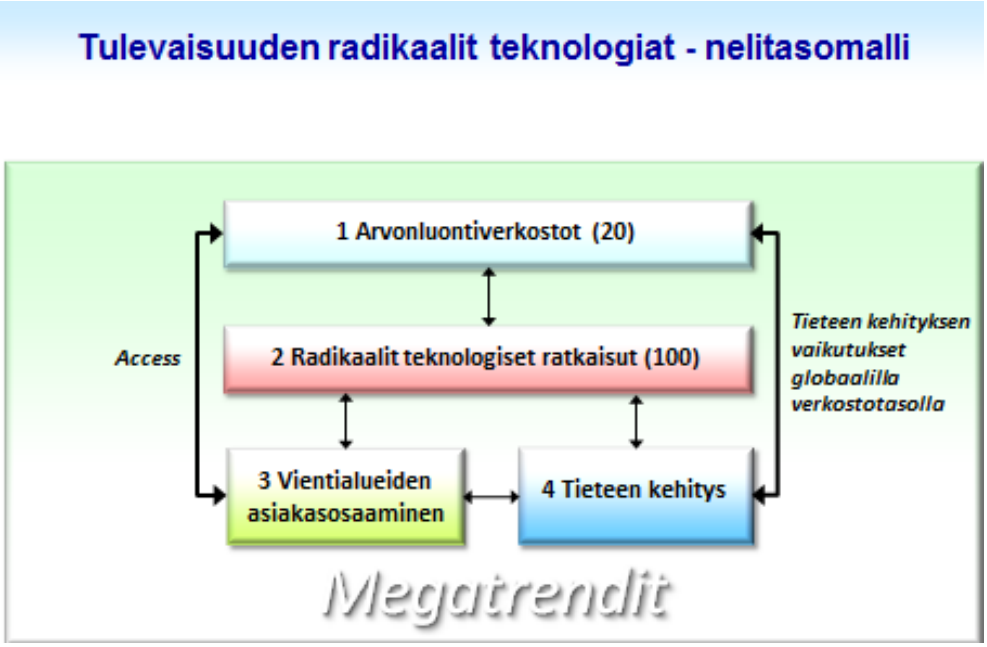
Ville Vähämäki
Kansanedustaja, Radikaalit teknologiat -jaoston puheenjohtaja (ps)

Tiivistelmä

Tässä selvityksessä kuvataan sata radikaalia teknologista ratkaisua ja arvioidaan niiden merkitys erityisesti Suomelle. Niiden yhteinen vaikutus Suomen ja maailman toimintatapoihin voi jo vuoteen 2030 mennessä olla suurempi kuin internetin ja älypuhelinten vaikutus nykymaailmaan. Arviointi perustuu laaja-alaisiin kriteereihin. Uuden tiedon valossa vielä eilen epäuskottavalta vaikuttanut teknologia voi jo huomenna olla erittäin lupaava. Uusien mahdollisuuksien arvioinnin pitää siksi olla systemaattista ja avointa.

Haastamme päätöksentekijät ja kaikki suomalaiset mukaan kehittämään näistä teknologioista uusia vahvuuksia Suomelle. Edelläkävijyys riippuu poliittisten päätöksentekijöiden ja yritysten hyvästä yhteistyöstä, huomiotalouden keinoista, julkisen vallan rohkeudesta edelläkävijäasiakkaana, sekä lainsäädännön väljentämisestä uusien teknologioiden parhaille käytännöille.

Alla olevassa kuvassa 1 esitetään nelitasomalliksi nimetty viitekehys, jonka avulla radikaalien teknologisten ratkaisujen lista on muodostettu ja johon perustuvan kriteeristön ja pisteytysten avulla listaa voidaan jatkossa päivittää.



Kuva 1. Tulevaisuuden radikaalit teknologiat – nelitasomalli.

Tausta - megatrendit

Taustalla on megatrendien ja yleisten muutosten taso. Megatrendit ovat nimensä mukaisesti ison mittakaavan kehityskulkuja, usein jopa keskenään ristiriitaisten kehityskulkujen risti-vaikutusten seurauksia. Tässä raportissa megatrendit muodostavat yleisen viitekehyksen, jonka nähdään olevan Suomen tasolla tapahtuvien toimenpiteiden ulottumattomissa.

Taso 1 - arvonluontiverkostot

Taso 1 on ns. arvonluontiverkostojen tai teknologiakorien taso. Tässä raportissa muodostetun määritelmän mukaan arvonluontiverkostot pyrkivät kattamaan laajasti ymmärrettynä kaikki elämän ja yhteiskunnan osa-alueet, inhimilliset tarpeet ja yhteiskunnalliset ongelmat. Raportti korostaa kussakin arvonluontiverkostossa suurimman nähtävissä olevan muutoksen eli volatiliteetin alueita.

Arvonluontiverkostojen kuvaukset on suhteutettu Suomen mittakaavaan käyttämällä Suomen kansantalouden lukuja. Tämä on tarpeen arvioitaessa kehityksen merkitystä Suomen kansantalouden kustannusten kannalta. Viennin kannalta esiin nostetut asiat ovat potentiaaliltaan joka tapauksessa vientiteollisuutemme mittakaavaa suurempia, joten tarkoilla globaaleilla luvuilla ei ole merkitystä.

Arvonluontoverkostojen tunnistamisessa on pyritty mahdollisimman hyvin toisistaan riippumattomiin, ortogonaalisiin, suuriin arvolupauksiin. Arvonluontiverkostot eivät tässä ole suoranaisesti sama asia kuin "markkinat", vaan kyse on eräänlaisista tulevaisuudessa tärkeistä yhteiskunnallisista "tarveryppäistä", joiden sisällä voi olla useita yksityisen ja kollektiivisen sekä julkisen ja markkinamuotoisen toiminnan kenttiä, jotka voivat lisätä tai tuhota kansalaisten hyvinvointia.

Taso 2 - Radikaalit teknologiset ratkaisut

Taso 2 sisältää nelitasomallin arvioitavan substanssin, radikaalit teknologiset ratkaisut. Systemaattisen arvioinnin avulla ratkaisut on jaettu merkittävyydeltään neljään eri ryhmään. Kärkeen yltävien ratkaisujen lisäksi muutkin listatut ja tässä tunnistamattomat ratkaisut saattavat osoittautua erittäin merkittäviksi muutostekijöiksi ja Suomen menestyksen avaimiksi. Tarkastelu on ollut mahdollisimman kattava ja ratkaisuja kartoitettu hyvin laajasti eri lähteistä, mutta teknologia kehittyy jatkuvasti ja uusia mahdollisuuksia avautuu kiihtyvään tahtiin.

Tasolla 2 siis kuvataan sata radikaalia teknologista ratkaisua, joiden edellytykset maailmaa mullistaviin tuotteisiin ja palveluihin näyttävät olevan syntymässä. Sadan radikaalisti maailmaa muuttavan teknologisen ratkaisun listalle on otettu lupaavimmat teknologiat siten, että niiden tulisi olla saatavilla viimeistään 2020-luvun alussa, jotta niiden vaikutus voisi olla laaja vuoteen 2030 mennessä. Listalle päästäkseen ratkaisun perusteet on pitänyt vähintäinkin osoittaa tieteellisessä julkaisussa, mutta monet ratkaisut ovat jo kaupallisen leviämisensä aloittaneet.

Yksittäiset radikaalin teknologisen ratkaisun listaamisen kriteerinä on, että se voi konkreettisesti tuoda merkittävää välineellistä lisäarvoa nykyisiin käytäntöihin joko säästämällä

kustannuksia, helpottamalla ihmisten arkea tai lisäämällä viihtyvyyttä, vahvistamalla valtarakenteita tai heikentämällä niitä. Listatut läpimurrot ovat siis välinekeskeisiä ja johonkin selkeään arvonluontiverkoston osaan tai osiin sopivia sovelluksia. Ratkaisut kuvataan toiminnallisuutensa perusteella ja teknisiä toteutusvaihtoehtoja voi olla useita. Samassa yhteydessä voidaan myös kuvata useita sovelluksia, jos näiden vaatima kehitystyö on pääosin sama.

Taso 3 - vientialueiden asiakasosaaminen

Taso 3 on suomalaisten vientiklusterien taso. Yleensä viennin kannalta olennaiset toiminnot on määritelty siten, että ne ovat teollisia toimintoja tai sektoreita, joissa Suomella on (erityis)osaamista. Mikäli puhutaan radikaalisti uusista teknologioista, osaaminen on tavallisesti kuvattu tutkimuslaitosten osaamisena ja tutkijoiden osaamisena. Näiden sijaan tässä raportissa on otettu osin toisenlainen tarkastelutapa. Lähtökohtana on se, että uusien ja radikaalien osaamisalueiden merkitystä arvioitaessa pääpainoa ei tulisi laittaa tutkimusosaamiseen. Tulisi pohtia erityisesti sitä, kuinka helppo ja minkälainen pääsy suomalaisilla toimijoilla voisi olla uusien teknologioiden potentiaaliseen asiakaskuntaan. Vientiklusterien ja arvonluontiverkostojen välillä korostetaan erityisesti nk. access -näkökulmaa eli suomalaisten vientiklusterin toimijoiden mahdollisuuksia toimia ja vaikuttaa kyseisessä arvonluontiverkostossa globaalilla tasolla.

Tasolla 3 kuvataan ne merkittävimmät valmiit verkostot, joiden avulla suomalaiset voisivat kilpailijamaita tehokkaammin kaupallistaa kuvattuihin alueisiin arvoa tuottavia teknologioita, mikäli vientiyrityksemme ovat riittävän joustavia tarttumaan radikaaleihin teknologioihin. Kuvaus joudutaan tekemään tuotantoalojen ja tuotteiden tasolla, koska koostettua asiakasryhmiä jäsentävää tilastotietoa ei ole. Tasolla 3 kuvattuihin vientiklustereihin kytkeytyvät radikaalit teknologiat saattavat olla Suomen viennin näkökulmasta merkityksellisiä, vaikka niiden suhteellinen merkitys kotimarkkinoilla ja globaalisti olisi pieni.

Taso 4 – tieteen kehitys

Taso 4 on tieteen kehityksen taso. Raportissa käsitellään perustutkimuksen avaamat mahdollisuudet teknologisille läpimurroille. Tieteellistä perustutkimusta luonnehtii tästä näkökulmasta kaksi keskeistä piirrettä: tieteen kehitys tapahtuu maailmanlaajuisesti ja tiede etenee pääasiassa omalakisesti eli erityisen tieteellisen toimintamallin mukaisesti. Näihin liittyvät kansainvälinen tiedeyhteisö, tieteellisten tulosten julkaisukäytännöt sekä vertaisarvioinnin periaatteet.

Perinteisesti tieteenalat ryhmitellään luonnontieteisiin, yhteiskunta- ja käyttäytymistieteisiin sekä humanistisiin tieteisiin. Tämän raportin tarkoitusta, teknologista ennakointia, palvelee paremmin jako edistyviin tieteisiin, oppimista tutkiviin tieteisiin ja rikastuviin tieteisiin (vrt. Kuusi 1998). Edistyvissä tieteissä uudet tutkimustulokset kumoavat aikaisempia tuloksia tai yksiselitteisesti ja vakuuttavasti täydentävät niitä. Näihin tieteisiin kuuluvat mm. matematiikka, fysiikka ja kemia. Käyttäytymistieteet, ja jossain määrin myös yhteiskuntatieteet, voidaan tässä jaottelussa lukea pääasiassa oppimista tutkiviksi tieteiksi. Rikastuviksi tieteiksi voidaan määritellä tieteet kuten filosofia, kirjallisuudentutkimus ja historiantutkimus eivät yleensä pyri kumoamaan aikaisemmin vallinneita käsityksiä vaan rikastuttavat perinnettä uusilla tulkinnoilla.

Tasojen väliset vuorovaikutukset

Nelitasomallissa tasojen välillä on seitsemän keskeistä vuorovaikutussuhdetta, joista neljä on suoraan tasojen välisiä, lineaarisia, ja kolme tasot ylittäviä epälineaarisia vuorovaikutuksia.

Ensimmäinen lineaarinen vuorovaikutus on taustan (megatrendit) kehystävä vaikutus muiden tasojen suhteen. Kuten megatrendien kohdalla edellä määriteltiin, tätä kehystävää vaikutusta ei juurikaan muuteta yksittäisen valtion toimin.

Toinen lineaarinen vuorovaikutussuhde on tason 1 (arvonluontiverkostot) ja 2 (radikaalit teknologiset ratkaisut) välinen vuorovaikutus, joka on erittäin keskeinen koko nelitasomallin kannalta. Tämä suhde kuvaa radikaalin teknologisen ratkaisun potentiaalisen merkityksen laajuuden, mikäli ratkaisu leviää yhteiskuntaan laajasti.

Kolmas lineaarinen vuorovaikutus on tasojen 2 (radikaalit teknologiset ratkaisut) ja 3 (vientiklusterit) välinen vuorovaikutus. Tämä vuorovaikutussuhde on kompleksinen. Radikaaleilla teknologisilla ratkaisuilla voi olla äkillisiä vaikutuksia vientiklustereiden rakenteisiin, esimerkkinä mobiiliteknologia. Joskus taas radikaalien teknologisten ratkaisujen vaikutukset vientiklustereihin voivat olla erittäin hitaita johtuen teollisuudenalaa hallitsevan paradigman eli teollisen toimintamallin vaikutuksesta vientiklusterien rakenteisiin.

Neljäs lineaarinen vuorovaikutus on tasojen 3 (vientiklusterit) ja 4 (tieteen kehitys) välinen vuorovaikutus. Saattaa olla tilanteita, joissa tieteen kehitys voi suoraan vaikuttaa vientiklusterin toimintaan, esimerkiksi bioteknologiassa. Teknologiapolitiikka saattaa myös vaikuttaa valtioiden tasolla tieteellisen työn rahoitukseen vientiklustereiden toiveiden kautta, mutta merkittävimmät globaalit vaikutukset kantautuvat tasoilla 1 ja 2 tapahtuvien muutosten kautta.

Nelitasomallissa on myös kolme epälineaarista vuorovaikutussuhdetta.

Ensimmäinen näistä on ns. access -näkökulma eli suomalaisten vientiklusterin toimijoiden mahdollisuuksia toimia ja vaikuttaa kyseisessä arvonluontiverkostossa globaalilla tasolla.

Toinen epälineaarinen vuorovaikutus on tieteen kehityksen vaikutus globaaleihin arvonluontiverkostoihin. Tieteen kehityksellä saattaa jossain määrin olla suoraa vaikutusta arvonluontiverkostojen rakenteisiin, tai jopa kokonaan uusien verkostojen syntyyn. Esimerkiksi tilanteessa, jossa tieteellinen löydös mahdollistaa kokonaan uuden toimintatavan kehittämisen, voi seurauksena olla jonkin olemassa olevan arvonluontiverkoston "luova tuho" eli olemassa olevan verkoston häviäminen ja sitä osittain korvaavan uuden verkoston syntyminen.

Kolmas epälineaarinen vuorovaikutus tapahtuu tieteen kehityksen ja radikaalien teknologisten ratkaisujen tasolla. Tämä vuorovaikutus on erittäin keskeinen muutoksia aikaansaava tekijä nelitasomallissa, sillä tieteen kehitys ja uusien teknologisten ratkaisujen mahdollisuus korreloivat keskenään voimakkaasti. Lisäksi voi todeta, että tieteen kehityksen suurimmat vaikutukset vientiklustereihin tapahtuvat erityisesti uusien teknologisten ratkaisujen ja mahdollisten arvonluontiverkostoissa tapahtuvien muutosten kautta.

Johdanto

Suomi on perinteisesti ollut uudisraivaajien ja nopeiden omaksujien maa. 1885 julkaistiin lehtori Samuli Suomalaisen oloihimme sovittama ja laajentama kirja Suuret keksinnöt. Kirjan esipuheessa kirjoittaja toteaa: "Ja valmis se on nyt kaikkine puutteineen. Harras toivoni on, ett'ei yleisö ylenmääräisiä vaatisi tältä ensimmäiseltä suomalaiselta keksintöjen kirjalta, johon ei ainakaan aikaa eikä vaivaa ole säästelty." Kirja oli laaja-alaisuudessaan ja yksityiskohtaisuudessaan hämmästyttävä. Se kattoi uusimmat teknologiset ratkaisut aina puhelimesta teollisiin prosesseihin.

1800-luvun lopulla teknologia levisikin Suomessa nopeasti. Puhelinverkkoa rakennettiin, teollisuus syntyi, kehitettiin lentokoneita ja jopa satusetä Topelius pohti kolumneissaan avaruuden olemusta luettuaan ristiriitaisista kokeista, joilla pyrittiin mittaamaan valon nopeutta. Topelius ei keksinyt suhteellisuusteoriaa, mutta Suomi jatkoi hidasta, kekseliästä etenemistään kohti maailman kärkeä.

Nyt muistamme Suomen tietoliikenteen kärkimaana. Siihen 1990-luvun saavutukseen meillä oli hyvät edellytykset. Puhelinten luvattu maa olimme olleet jo sata vuotta. Laaja-alainen tietotekniikan ja tietoliikenteen yliopistokoulutus alkoi 1960-luvulla. Maailman ensimmäisen kaupallisen mikrotietokoneen rakensi Digelius Elektroniikka 1973. Teleoperaattorit alkoivat varautua digitaalisiin puhelinkeskuksiin saman vuosikymmenen lopulla. Poliitikot ja teollisuusjohtajat puhuivat television keskusteluohjelmissa, kuinka Suomen tulisi suhtautua tietotekniikan aiheuttamaan edessä olevaan teollisen rakenteen murrokseen.

1990-luvulla Suomi oli maailman näyteikkuna omaksuttuaan muita nopeammin internetin ja mobiilin teknologian varhaisen käytön. Presidentti Martti Ahtisaari käsitteli puheissaan internetin mahdollisuuksia ja edisti eurooppalaisen GSM-standardin vakiintumista. Lukuisat ministerit perustivat ryhmiä ja tietotekniikan mahdollisuudet olivat kaikkien niistä kiinnostuneiden tietoisuudessa.

2000-luvun alun olemme kylpeneet menneessä loisteessa. Teknologiaa kehitetään vientiyrityksissä, mutta yhteiskunta ei tunnu enää Suomessa uskovan teknologian voivan meitä laajemmin auttaa. Menestyksen huumassa näkökulma teknologiaan ja sen mahdollisuuksiin on kaventunut ja monelta on jäänyt huomaamatta, kuinka nopeasti teknologinen kehitys edelleen etenee maailman eri kolkissa.

Näkökulman kaventumisen voi estää käyttämällä systemaattisia menetelmiä. Tässä työssä on Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan toimeksiannosta luotu viitekehys ja kriteerit radikaalien teknologioiden lupaavuuden arviointiin. Näiden avulla voidaan monipuolisesti arvioida teknologian tuottamat erilaiset hyödyt ja tunnistaa niihin liittyviä ongelmia. Valittuihin kriteereihin nojautuen on kuvattu ja arvioitu sata tärkeimpänä pidettyä radikaalia teknologista ratkaisua. Selkeiden kriteerien avulla listaa voidaan päivittää systemaattisella tavalla. Listan laatua voidaan parantaa myös käymällä keskustelua arvioinnissa käytetyistä kriteereistä.

Työ on jatkoa Osmo Kuusen kirjoittamaan esiselvitykseen samasta aiheesta. Työhön on osallistunut tietoverkon kautta suuri joukko eri alojen asiantuntijoita ja teknologiakehityksestä kiinnostuneita kansalaisia.

Tämän kaltainen työ ei ole koskaan valmis. Teknologia kehittyy nyt niin nopeasti, että uusia läpimurtoja tulee lähes viikottain. Maailman muuttuessa ja osaamisen kehittyessä teknologioiden tärkeyden arviointi myös kehittyy. Tätä on siksi pidettävä alkuna. Jo tiedossa olevat kehittämiskohteet osoitetaan tarkemmin loppusanoissa.

Tässä työssä poiketaan tavanomaisesta teknologiaraportin kaavasta. Tulevaisuutta luodataan tavallisimmin yleisten muutossuuntien avulla. Konkreettisella tasolla maailma muuttuu kuitenkin yksittäisten teknologisten läpimurtojen ja niihin kietoutuvien sosiaalisten innovaatioiden seurauksena. Tähän työhön on pyritty keräämään suurimpia konkreettisia muutostekijöitä, joiden merkityksestä ja toimivuudesta on jo uskottavia todisteita.

Suuret muutokset syntyvät siis teknologioiden ja sosiaalisten innovaatioiden yhdistelminä. Tässä kehitetyn menetelmän tarkoituksena on auttaa havaitsemaan teknologisten ratkaisujen ja sosiaalisten innovaatioiden yhdistelmiä. Näistä yhdistelmistä ja toimialat leikkaavasta yhteistyöstä syntyvät suurimmat uudisteet.

Tämä työ ei siis jäsenny megatrendien kautta, vaikkakin ne ovat tekijöiden mielessä tärkeinä taustamuuttujina. Tärkeimmäksi jäsentäväksi tekijäksi on tässä työssä valittu kaksikymmentä vuoden 2030 perspektiivillä olennaisimmaksi arvioitua arvonluontiverkostoa. Arvonluontiverkoston valinnan perusteena on ihmisille kaikkialla maailmassa tuotettu erityinen arvo, jonka tuottamiseen ennakoimme löytyvän lupaavia teknologisia ratkaisuja siten, että ne ehtivät yleistyä vuoteen 2030 mennessä. Tässä tarkoitettu arvon tuottaminen poikkeaa tilastoinnissa yleisesti käytetystä taloudellisesta toimeliaisuudesta. Siitä että kansantulo lisääntyy lääkärien kasvaneiden palkkojen muodossa, ei välttämättä seuraa lisää arvoa eli terveyttä eikä ruoka välttämättä ole huonompaa, vaikka siitä maksetaan vähemmän.

Arvonluontiverkostot kuvataan luvussa yksi. Kukin arvonluontiverkosto on vastaus johonkin yhteiskunnan tarpeeseen tai ongelmaan. Huomio kiinnitetään ongelma-alueen sijaan suurimpaan muutoksessa olevaan alueeseen ja arvonluontiverkostot on myös pääosin otsikoitu tämän mukaan. Kuvauksen tärkein anti onkin arvonluonnin laajuuden lisäksi osoittaa nämä suurimmat muutosalueet sekä muutoksen lupaavimmat keinot. Kokonaisuuden kannalta tämä luku on kuitenkin vain osa arviointikriteereitä, ja kiireinen lukija voi selata luvun nopeasti ja siirtyä varsinaiseen raportin pääasiaan, joka esitetään seuraavassa luvussa.

Raportin varsinaiset lopputulokset kuvataan laajasti luvussa kaksi. Sata tärkeimmäksi arvioitua radikaalia teknologista ratkaisua kuvataan ja luokitellaan neljään tärkeysluokkaan. Näiden ratkaisujen arvioidaan olevan markkinakelpoisia viimeistään 2020-luvun alussa, ja laajasti levinneitä 2030 mennessä. Teknologiset ratkaisut arvioidaan käyttäen kolmea keskeistä kriteeriä vuoden 2030 perspektiiviä ennakoiden:

1. ratkaisu mahdollistaa merkittävän lisäarvon luvussa yksi kuvatuissa inhimillisen toiminnan kannalta tärkeissä arvonluontiverkostoissa.

2. ratkaisu mahdollistaa tuoteominaisuuden, joka on tärkeä siinä globaalissa asiakaskunnassa, johon suomalaisilla yrityksillä on hyvä pääsy. Radikaali teknologia voi olla joko sellainen, joka edistää tai syrjäyttää suomalaista osaamista, kummatkin tapaukset on tärkeä tunnistaa. Tämän tunnistamiseksi selvityksen luvussa kolme kuvataan lyhyesti kaksikymmentä viennin kannalta merkittävää aluetta tärkeimpine tuoteryhmineen.

3. ratkaisuun liittyvä teknologia on tieteellisessä mielessä alueella, jonka tutkimus etenee nopeasti tai siihen liittyy muu laaja kehitystyö. Tieteellisen kiinnostuksen tunnistamiseksi luvussa neljä kuvataan tieteen valtavirrat.

Luvussa viisi esitetään johtopäätökset ja verrataan raportin havaintoja tärkeimpinä pidettyihin megatrendeihin sekä todetaan tähän radikaalien teknologisten ratkaisujen arviointiin liittyvät tiedossa olevat kehittämistarpeet.

1 Arvonluontiverkostojen taso: merkitysalueiden teknologiakorit

Teknologiakehitys ei ole suoraviivaista talouden kehitystä. Teknologiset läpimurrot voivat avata hyvin moninaisia lisäarvon mahdollisuuksia ja uhkia. Internet on esimerkiksi noussut suureen merkitykseen sujuvoittaessaan lähes kaikkea inhimillistä toimintaa. Tämän läpäisevyyden vuoksi se on myös organisoinut yhteiskuntaa uudella tavalla. Monet teknologiat ovat tällä tavalla mullistavia. Esimerkiksi raudan keksimisen yhteys demokratian syntyyn on hyvin dokumentoitu. Alvin Toffler, Jeremy Rifkin, Manuel Castells, Jakob Bronowski, Michael Mann ja lukuisat muut tulevaisuudentutkijat ja historioitsijat ovat kukin osoittaneet erilaisten keksintöjen radikaalin vaikutuksen yhteiskunnan rakenteisiin ja ihmisten toiminnan tapoihin.

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. Arvonluontiverkot on valittu suomalaisille tutusta länsimaisesta näkökulmasta. Mittasuhteiden ymmärtämiseksi sekä kotimarkkinoiden mahdollisena säästönä että vientimarkkinoilla, arvonluontiverkostojen koko on kuvattu Suomen kansantalouden lukuina. Tämä osoittaa potentiaalisen arvon suhteellisen osuuden meitä vastaavissa kehittyneissä maissa. Koska kyse on suurista markkinoista, ei Suomen kokoisen talouden näkökulmasta ole olennaista, mikä on globaalin markkinan tarkka koko, vaikka pohtisimme vientimahdollisuuksia. Kunkin arvonluontiverkoston koko on riittävä siihen, että pienikin markkinaosuus maailmanmarkkinoilla olisi meille merkittävä vientialue.

2. Ennakoimme, että arvioinnissa käyttämiemme 20 arvonlisäverkon 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.

Vientiä pidetään Suomen elinehtona ja monet tämänkaltaiset tarkastelut keskittyvät viennin edellytysten pohtimiseen. Tulee kuitenkin huomata, että pääosa arvonluonnista Suomessa tapahtuu kotimarkkinoiden tarpeisiin, ja olemme pikemmin riippuvaisia tuonnista kuin viennistä. Vienti on nähtävä tuonnin mahdollistajana, ja juuri nyt Suomi on kuin vuotava laiva, jonka kauppatase vuotaa. Vientiponnisteluiden lisääminen ei kuitenkaan auta, jos vuoto johtuu siitä, että yhteiskuntamme rakenteet ovat tehottomat ja arvonluontiverkostot tuhoavat tuonnin avulla luotavaa arvoa. Siksi päähuomio kiinnitetään tässä arvonluontiin ja sen kehittämiseen kokonaisuudessaan ja vasta toissijaisesti vientiin, johon palataan kokonaisvaltaisemmin luvussa kolme. Laiva kokonaisuudessaan on olennaisempi kuin siinä oleva reikä, eikä reikää paikatessa saa tuhota itse laivaa.

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 2030 mennessä. Kyse voi olla yksilön tarpeiden ja halujen aiempaa tehokkaammasta, kattavammasta tai laadukkaammasta tyydyttämisestä tai riskien kasvamisesta. Jotta vaikutus vuoteen 2030 mennessä olisi merkittävä tai jotta uhka vältettäisiin, tulisi mahdollisuuteen reagoida monessa tapauksessa pikimmiten. Radikaalit innovaatiot etenevät eksponentiaalisesti ja markkinaosuudet ja käytäntöjen suuntautuminen määräytyvät varhain.

Arvonluontiverkostot pyrkivät kattamaan laajasti ymmärrettynä kaikki elämän ja yhteiskunnan osa-alueet, mutta niiden kuvauksissa on korostettu suurimman volatiliteetin eli todennäköisen suuren muutoksen alueita. Kyse on globaaleista arvolupauksista, mutta kuten edellä todettiin, viime kädessä valintakriteerinä on ollut arvolupaus Suomelle. Sen arvioimiseksi on käytetty Suomen kansantalouden lukuja. Jaossa on pyritty mahdollisimman hyvin toisistaan riippumattomiin ja merkittävän suuriin arvolupauksiin. Käytännössä arvoverkostot toimivat kuitenkin vahvasti toisiinsa kietoutuneina.

Ensin kuvataan unkin arvonluontiverkoston nykytilanne yhteiskunnan ja yksilön kannalta. Tämän jälkeen kuvataan lupaava uusi toimintamalli, jonka teknologiakehitys avaa. Uuden toimintamallin säästöt ja lisäarvot kuvataan utopian kautta. Siirtymäkauden mahdollisiin ongelmiin viitataan. Tämän jälkeen kuvataan tarvittava teknologinen toiminnallisuus ja syyt, miksi uskotaan teknologian nyt tulevan läpimurtovaiheeseen. Kunkin aiheen lopuksi kuvataan ne mahdolliset lainsäädännölliset tai muut rakenteelliset esteet, jotka tulisi raivata, jotta lisäarvot voitaisiin saavuttaa sekä ne merkittävät uhat, joita teknologia voi aiheuttaa, ja joihin olisi hyvä varautua.

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

Arvonluontiverkostot, joiden avulla radikaalit teknologiat arvotetaan

1. Henkilöautoliikenteen automatisointi
2. Tavaraliikenteen automatisointi
3. Lähivalmistus ja teollisen rakenteen murros
4. Kaupan ja palveluiden virtualisoituminen
5. Lähiruoka ja funktionaalinen ravinto
6. Etäläsnäolo ja työkalujen kauko-ohjaus
7. Oppimisen ja opastuksen yksilöllistyminen

8. Toimintakyvyn säilyttämistä tukeva omatoiminen ja yksilöllinen terveydenhuolto
9. Toimintakyvyn lisääminen toimintakykynsä menettäneille
10. Tietoisuutta toimintaympäristöstä lisäävät välineet
11. Toiminnalliset materiaalit ja uudet materiaaliteknologiat
12. Tavaran älykkyyden toiminnalliset lisäarvot
13. Kestävän kehityksen energiateknologiat
14. Raaka-aineet maapallon hyödyntämättömiltä alueilta ja avaruudesta
15. Viihteen, kulttuurin ja vaikuttamisen osallistuvat muodot
16. Maanpuolustus ja terrorismin torjunta
17. Tilojen ja rakenteiden toiminnallistuminen
18. Itseorganisoituvat yhteisölliset toimintatavat
19. Identiteettien ja sosiaalisten rakenteiden virtualisoituminen
20. Demokratia, vapaus ja sosiaalinen koheesio

1.1 Henkilöautoliikenteen automatisointi

Nykytilanne kustannuksineen: Suurin osa henkilöliikenteen kilometrisuoritteesta ja kustannuksista syntyy henkilöautoliikenteestä. Suomessa on lähes kolme miljoonaa henkilöautoa. Niillä ajetaan vuosittain keskimäärin 17 tuhatta kilometriä. Kyse on hyvin mittavasta osasta kansallisvarallisuutta, joka vanhenee nopeasti ja on hyvin tehottomassa käytössä. Verottajan lukuja käyttäen ajokilometrikohtainen kustannus on 45 senttiä tällä ajomäärällä, ja kaluston kokonaiskustannus 20 miljardia euroa vuodessa. Ajossa olevien autojen henkilömäärä on keskimäärin 1.2. Mikäli keskinopeus on 50 kilometriä tunnissa, kuluu ajamiseen vuosittain noin seitsemänsataa miljoonaa tuntia, joka on osin työaikaa ja osin vapaa-aikaa. Uusilla urbaaneilla alueilla parkkipaikan kustannukseksi lasketaan 40–80 tuhatta euroa, ja yksi auto saattaa tarvita useita parkkipaikkoja. Kolarivahinkojen kustannukseksi selvitykset arvioivat noin kaksi miljardia vuositasolla.

Uusi toimintamalli säästöineen: Henkilöautoliikenteessä suositaan yhteiskäyttöisiä kuljettajattomia robottiautoja. Joukkoliikenteeseen integroituna palveluna noin miljoona robottiautoa riittäisi takaamaan ruuhka-aikoinakin sen, että jokainen auton tarvitsija saisi auton ovelleen noin kolmessa minuutissa. Kaluston käyttöaste paranisi ja kustannukset laskisivat verottajan lukuja käyttäen noin kolmanneksella. Robottiautot eivät arvioiden mukaan aiheuta kolareita ihmisten tavoin, ja teknologian aiheuttamia on nykyisin vain 10

% kaikista onnettomuuksista. Pääosa yhteiskunnalle aiheutuvista autojen säilytykseen liittyvistä kustannuksista vapautuu ja kaupunkirakenne paranee. Kuntia rasittavat kuljetustuet vähenevät radikaalisti. Ajamiseen käytetty aika vapautuu tehokkaampaan tai viihtyisämpään käyttöön. Säästövaikutus on noin 10–20 miljardia euroa vuositasolla, jonka lisäksi toimintamallilla on merkittävä alueellista ja muuta tasa-arvoa ja yksilönvapautta lisäävä vaikutus.

Teknologisen valmiuden kehitys: Asiantuntijatahot ja teollisuusyritykset itse arvioivat kuljettajattoman liikenteen teknisesti valmiiksi sarjatuotantoon 2020 mennessä. Teknologiaa kehittävät ja testaavat mm. Audi, BMW, Continental, GM, Google, Mercedes, Nissan, Toyota ja Volvo. Monia robottiauton ominaisuuksia on jo nyt uusissa automalleissa. Täysin automaattiohjatut testiautot ovat ajaneet kolareitta noin miljoona kilometriä normaaliliikenteen seassa.

Siirtymäkauden ongelmat: Robottiautot on suunniteltu liikkumaan normaaliliikenteen seassa, joten teknisiä siirtymäkauden ongelmia ei ole. Tottuminen robottiauton kyyditettäväksi vie kuitenkin aikaa. Kaavoituksen, maankäytön suunnittelun ja väyläratkaisujen sekä koulutuksen ja joukkoliikenteen investointien suunnittelussa tulisi muutos ottaa huomioon, jotta kalliilta virheinvestoinneilta säästyttäisiin. Esimerkiksi uusia parkkitaloja ja autotalleja kaavoitetaan jatkuvasti, vaikka rakennukset valmistuvat vasta, kun uuden teknologian arvellaan jo olevan käytettävissä.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Laki estää tällä hetkellä kuljettamattoman henkilöauton käytön maanteillä ja kaduilla. Yhdysvalloissa lainsäädäntöä on jo muutettu useissa osavaltioissa, jotta kokeilut tulisivat mahdollisiksi, mutta toistaiseksi vaaditaan ajokortin haltijan istuvan ajoneuvon hallintalaitteiden ääressä. Jotta yhteiskäyttöisiä autoja voisi olla edullisesti kaikkien saatavilla, tulisi autonvuokrauksen, taksiliikenteen ja joukkoliikenteen rajankäynti tehdä uudelleen, ellei sitten kuljettajatonta autoa katsota normaaliksi vuokra-autoksi, joka ei tarvitse taksilupaa. Itse ajavan auton aiheuttamien ongelmien vastuukysymykset tulisi myös ratkaista siten, että insentiivi kohdistuu siihen, jolla on paras mahdollisuus ongelmien estämiseen.

Uuden teknologian uhat: Mikäli teknologia tulee valmiiksi ja saataville autoliikkeisiin ilman, että yhteiskunta on kollektiivisesti siihen varautunut, lisääntyvät liikennemäärät, liikenteen aiheuttamat kustannukset ja haitat. Mikäli uusia teknologioita ei valvota, lisääntyy niiden kautta tahallisen vahingonteon mahdollisuus ja terrorismiriski.

1.2 Tavaraliikenteen automatisointi

Nykytilanne kustannuksineen: Logistiikan kustannukset Suomessa ovat EK:n arvion mukaan 30 miljardia vuositasolla. Logistiikan osuus kaikista kustannuksista on noin kaksinkertainen muuhun Eurooppaan verrattuna. Kustannustaakka rasittaa sekä vientiteollisuutta että kotimarkkinoita. Tämän ohella kansalaiset käyttävät merkittävän osan ajastaan noutamalla tavaroita kauppaliikkeistä aiheuttaen lisäksi huomattavan suuren liikennesuoritteen ja kasvattaen parkkipaikkatarvetta.

Uusi toimintamalli säästöineen: Mikäli tavarat kuljetetaan automaattisesti siirrettävissä ja kuormattavissa laatikoissa, voidaan pakkaaminen, purkaminen ja jakelu hoitaa robottiliikenteen keinoin. Pienkonttien standardointi helpottaa automatisointia. Kun pakkaus ja purku tapahtuvat automaattisesti, helpottuu intermodaaliliikenne ja kullakin yhteydellä voidaan käyttää tehokkainta siirtotapaa.

Sähköisen kaupan tavarat voidaan toimittaa nykyistä suorempia reittejä useimmille ihmisille joko koteihin tai kävelymatkan etäisyydellä oleviin robotisoituihin jakelupisteisiin. Mahdollisuus kauko-ohjata tavaroiden valintaa ja kuormaamista, poistaa merkittävän osan kuluttajien sekä yritysten tavaranhankintaan liittyvästä noutoajasta niissäkin tapauksissa, kun tavaroiden valinta perinteisen etäasioinnin keinoin olisi hankalaa.

Kansalaisten arjessa säästämä aika nousee melko helposti sataan miljoonaan tuntiin vuositasolla. Kaupunkirakenne uudistuu tehokkaammaksi. Työaikasäästöt voivat realistisesti olla useita kymmeniä tuhansia henkilötyövuosia ja kalustosäästöt sekä liikenteellisestä optimoinnista johtuvat säästöt sekä nopeammasta varastonkierrosta ja parantuneesta laadusta seuraavat säästöt miljarditasolla. Uudistukset toisivat lisäarvoa yhteensä useita miljardeja vuosittain.

Teknologisen valmiuden kehitys: Robotisoituja kontteja valmistaa mm. KoneCranes. Konttien nostaminen ja siirtäminen on nykytekniikalla automatisoitavissa, kuten myös vakiokokoisia laatikoita ja niiden sisään mahtuvia laatikoita käsittävien lähetysten pakkaus ja purku. Robotisoitu kuljetus toimii jo riittävän luotettavasti suljetuilla alueilla ja kokeilut julkisilla teillä ovat käynnistyneet useissa maissa. Monissa yrityksissä on jo automaattivarastoja ja kokoonpanolinjoja, joissa pakkaus ja kuormaus tapahtuvat automaattisesti.

Siirtymäkauden ongelmat: Suomessa intermodaaliliikenne on heikosti kehittynyt. Suuri osa tavarasta tulee maahan roro-aluksilla rekoissa ja niiden purku ja uudelleenjakelu tapahtuvat jakelukeskuksissa, joihin ei ole raideyhteyksiä. Kauppa käyttää tavaran siirtoon eurolavoja, joita ei voi pakata päällekäin. Logistiikkaketjussa on suuri joukko toimijoita, ja uudistuspolku ei helposti käynnisty markkinamekanismin avulla markkinoiden omin toimin.

Yksi lupaavimmista reiteistä uudistukselle voisi olla sähköisen kaupan ja korttelitason automatisoituun jakelupisteeseen tapahtuva yhdistelmä tai kauppakeskusten kodin lähelle suoritettu jakelu. Itella on jo automatisoimassa tavaroiden noutopisteitä, mutta valmiutta robottijakeluun ei ole otettu huomioon. Siirtymäkauteen liittyy työvoiman uudelleensijoittamistarve, kun ammattiautoilijoiden määrä vähenee.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Automaattiset jakelupisteet ovat infrastruktuurin kaltainen järjestelmä, jonka sijoittaminen voi edellyttää kaavoittajan toimia. Yhtenäisen järjestelmän syntyminen vaatii suuren toimijan tai standardointia. Robottiliikenne ei toistaiseksi ole lain mukaan sallittua julkisilla teillä. Uusien käytäntöjen vastuukysymykset tulee ratkoa.

Uuden teknologian uhat: Mikäli logistiikka laajassa mitassa siirtyy robottien hoidettavaksi, tulee varmistaa, ettei keskitettyjä haavoittuvuuksia ole, eikä mikään yksittäinen

tapahtumasarja voi haavoittaa yhteiskunnan keskeisiä toimintamekanismeja muutoin kuin pistemäisesti.

1.3 Lähivalmistus ja teollisen rakenteen murros

Nykytilanne kustannuksineen: Tavaroiden valmistus, kuljetus ja kauppa muodostavat lähes puolet Suomen bruttokansantuotteesta. Kustannukset koostuvat mm. tavaroiden suunnittelusta, valmistuksesta, varastoinnista, maahantuonnista, jakelusta, markkinoinnista sekä näihin liittyvästä hallinnosta ja koulutuksesta. Valmistus perustuu nykyisellään pääosin suuruuden ekonomiaa, jossa suunnittelukustannus yhdistyy valmistukseen tehtyihin laiteinvestointeihin ja suuriin sarjakokoihin. Teollinen valmistus ja jatkuva erikoistuminen ovat keskittymisensä vuoksi johtaneet logistiikkakustannusten ja samalla etsimiskustannusten kasvuun ja transaktiokustannusten osuus on kasvanut, vaikka transaktioiden ja logistiikan mekanismit ovat tehostuneet.

Uusi toimintamalli säästöineen: Robotisaatio tuo tuotantolinjoihin joustavuutta. Robotti voi valmistaa tehokkaasti yksilöllisiäkin tuotteita ja sarjavalmistus voidaan hajauttaa. 3D-tulostuksessa malli voidaan ladata verkosta ja äärimmilleen vietynä tulostaa toimivaksi esineeksi kotona. Tavaroiden valmistus ostokeskuksissa, rauta-kaupassa ja pikavalmistuspalveluissa, terveydenhuollon pisteissä, erikoisliikkeissä ja huoltoliikkeissä tullee kuitenkin lisääntymään kotitulostusta nopeammin.

Tavaroiden teollinen sarjavalmistus korvautuu osa kerrallaan hajautetun valmistuksen mallilla, jossa tavara valmistetaan lähempänä käyttäjää ja yksilöllisesti. Säästöt kohdistuvat transaktiokustannuksiin ja pääomakustannuksiin ja tuotannon jäykistä rakenteista aiheutuvien haittojen poistumiseen. Uudet lisäarvot syntyvät yksilöllisyydestä, positiivisista paikallisista työllisyysvaikutuksista, energia- ja materiaalitehokkuudesta sekä tuotevalikoiman laajentumisesta ja paremmasta tarpeenmukaisuudesta.

Pikavalmistuksen arvioidaan vaikuttavan lähitulevaisuudessa olennaisesti lääketieteen, tavaranvalmistuksen, rakentamisen, elintarviketeollisuuden ja kaupan sekä logistiikan rakenteisiin. Toimialan koon arvioidaan kasvavan yli tuhanteen miljardiin euroon, josta Suomen osuus useaan miljardin. Vaikutukset Suomen teollisuuden ja kaupan rakenteisiin voivat kasvaa tästä huomattavasti ylittäen jopa internetin tämänhetkiset kaupalliset ja inhimilliset vaikutukset 2030 mennessä.

Suuruuden ekonomiaan nojautumaton lähivalmistus liittyy myös energiatuotantoon. Energiankäyttöä on mahdollista optimoida energian saatavuuden ja kustannuksen mukaan, sekä käyttää itse tuotettu energia lähivalmistuksessa.

Teknologisen valmiuden kehitys: Pikavalmistukseen liittyy useita eri teknologioita moninaisista materiaalitarpeista ja rajoitteista johtuen. Suosittuja käyttötapoja on monia. Valumuottien valmistus hallitaan jo hyvin, kuten myös pienten muoviesineiden, korujen, proteesien ja lääketieteellisten instrumenttien ja monien työkalujen valmistus. Suurempien muoviesineiden, vaativien pintojen ja materiaalien, kuten metallien tulostukseen liittyy edelleen sekä laadullisia että kilpailukyvyllisiä haasteita. Keraamisten esineiden ja jopa

suurten rakenteiden tulostus kehittyy nyt nopeasti, kuten myös elektroniikan ja biologisten ja bioyhteensopivien materiaalien tulostus lääketieteen käyttöön. Nanosellun ja muiden uusien materiaalien avulla 3D-tulostus voi nousta merkittäväksi valmistustavaksi verrattain nopeasti. Tähän vaikuttaa sekä teknologian suuri joustavuus että monien laitteiden hyvin vähäinen pääomakustannus.

Siirtymäkauden ongelmat: Pikavalmistus on lähivalmistuksen väline kasvattaen ennen kaikkea kotimarkkinaa ja parantaen kauppatasetta tuonnin vähentämisen kautta. Toimijat, joille pikavalmistuksesta olisi eniten hyötyä, ovat verrattain hajanaisia ja perinteisiä, eivätkä ole tottuneita tuotekehittäjiä. Pikavalmistuksen muuttaessa kaupan ja teollisuuden rakenteita on odotettavissa tyypillisiä rakennemuutoksiin liittyviä ongelmia, jotka kuitenkin pahenevat, jos hitaan etenemisen vuoksi jännitteet kasvavat. Pikavalmistusta ei vielä Suomessa laajasti ymmärretä ja koko teollisen paradigman muutoksesta on puhuttu liian vähän. Tärkeinä nähdään edelleen pääasiassa vanhan teollisen paradigman mukaiset asiat.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Pikavalmistuksen ja lähivalmistuksen etenemiselle ei ole varsinaisia lainsäädännöllisiä esteitä, mutta tuotevastuut tulisi selvittää uudelleen pikavalmistuksen laajetessa toimintamallien muutosta vasten. Toiminta helpottaa tavaroiden kotikopiointia saattaen sen samaan tilaan kuin patenttijärjestelmän alkuvuosikymmeninä ja nykyinen lainsäädäntö vaikuttaa sen osalta sinällään toimivalta. Yhdysvaltojen hallinnon uskoessa voimakkaasti siihen, että pikavalmistus palauttaa työpaikkoja Kiinasta Yhdysvaltoihin, ei ole todennäköistä, että sieltä käsin vaadittaisiin tiukennuksia 3D-tulostimien käyttöön.

Uuden teknologian uhat: Suurimmat uhan Suomelle liittyvät siihen, että prosumerkonsepti valtaa alaa meidän asiakaskunnassamme ja kotimarkkinoilla ilman, että meidän teollisuutemme ja kauppamme asiaan reagoi. Muina uhkina voidaan nähdä alkuvaiheessa taitamattomien käyttäjien pikavalmistuslaitteilla tuottamat laitteet ja osat, jotka aiheuttavat tapaturmia. Valmistuksen muuttuessa yhä helpommaksi, myös tarkoituksellisesti vaarallisten esineiden tulostus on uhka, mukaan lukien vaarallisten aineiden ja biomateriaalien valmistus.

1.4 Kaupan ja palveluiden virtualisoituminen

Nykytilanne kustannuksineen: Suomalaiset käyttävät asiointipalveluihin ja kauppoihin matkustamiseen runsaat kolmesataa miljoonaa tuntia vuositasolla. Kauppojen ja palveluiden sijoittumisella on rakennetulle ympäristölle ja liikennejärjestelmälle hyvin suuri merkitys. Sijoittelu vaikuttaa rakennetun ympäristön arvoon ja sitä ohjataan maankäytön suunnittelulla ja kaavoituksella.

Kauppojen ja palveluiden osuus kansantuotteesta on noin 10 %. Kauppaan tavarat kuljetetaan tukkuliikkeiden logistiikkakeskuksista, jossa valmistajilta saapuvat tavarat lajitellaan vähittäiskauppoihin ja erikoisliikkeisiin toimitettaviksi kuormiksi.

Verkkokaupan kokonaisvolyymi lähestyy vähittäiskaupan liikevaihtoa ja oli vuonna 2011 jo 10 miljardia euroa. Tavaroita suomalaiset ostivat verkkokaupasta samana vuonna silti vasta kahden miljardin euron arvosta.

Kaikista palveluista merkittävä osa on aineettomia tiskipalveluita. Yksityisen sektorin tiskipalveluista suuri osa on automatisoitu pankkien aloittaman palvelu-uudistuksen jälkimainingeissa. Julkisen sektorin palveluiden automatisointi on sitä vastoin edennyt hyvin hitaasti. Julkinen sektori käyttää lisäksi huomattavan määrän resursseja kuljettamalla kansalaisia taksiliikenteen avulla palveluiden ääreen. Laskennallinen taksiliikenteen subventio on Liikenneviraston selvityksen mukaan lähes yhtä suuri kuin koko linja-auto/bussiliikenteen subventio.

Palveluista on automatisoitu pääosin sellaisia, joissa on kyse itsepalvelulomakkeen täyttämisestä tai tiedonhankinnasta. Konsultatiivisia palveluita ja mittauksia ja valintaa sisältäviä palveluita ei ole virtualisoitu, joskin puhelinpalveluita on paljon.

Uusi toimintamalli säästöineen: Uudessa toimintamallissa lisätään verkkokaupan ja virtuaalisoitujen palveluiden käyttömahdollisuuksia. Tavarakaupassa tavaroiden etsimistä ja valitsemista muutetaan normaalin kaupassakäynnin kaltaiseksi virtuaalitodellisuuden avulla. Vaatteet esimerkiksi voi katsoa digitaalipeilistä, tavarat voi kerätä normaaliin tapaan virtuaalisilta hyllyiltä. Virtuaalimyymälä voi olla kotona tai lähikaupassa, jossa on esimerkiksi laajempi näyttö ja mittalaitteita.

Postin sijaan tilatut tavarat saapuvat kävelyetäisyydelle robotisoituun jakeluautomaattiin. Itella on jo avannut käyttöön 294 pakettiautomaattia ja tavoitteena on nostaa määrä 1 500:aan vuoteen 2016 mennessä.

Palveluissa lähestytään tiskipalveluiden käyttökokemusta, jossa palveluhenkilö voi katsoa yhteistä lomaketta ja keskustella ongelmasta vuorovaikutteisesti. Mikäli palvelu edellyttää mittaamista tai sovittamista, toimitetaan palvelun käyttäjälle teknologia, jolla tarvittavat tiedot voidaan hankkia ja välittää palvelun tarjoajalle.

Säästöt koostuvat matkustusajan vähenemisenä, parkkipaikkojen, palvelutilojen ja fyysisten kauppatilojen pienenemisenä, valikoiman kasvuna, ja maantieteellisenä hajautumisena. Palvelut voidaan tarjota sieltä, missä on työvoimaa helposti saatavilla ja niiden käyttämiseksi ei tarvitse matkustaa. Kokonaisuudessa puhutaan huomattavasti nykyistä sähköistä kauppaa suuremmasta kokonaisuudesta ja pankkiautomaatiota merkittävämmästä säästöstä ja vaikutuksesta ihmisten arkeen.

Teknologisen valmiuden kehitys: Tiskipalveluiden virtualisointi on teknisesti täysin mahdollista. Toimintavarmuus kustannukset ovat hyvällä tasolla. Kauppatilojen virtualisointi ja tavaroiden toimittaminen kätevästi kävelyetäisyydelle on teknisesti mahdollista, mutta edellyttää kokeiluja ja investointeja. Asiakkaan mitattavien tietojen kerääminen on monen asian osalta jo teknisesti mahdollista ja edullista, mutta ei vielä riittävän yleistä.

Siirtymäkauden ongelmat: Monet eivät halua vastata kuvapuhelimeen tuntemattoman ihmisen soittaessa. Kyse lienee tottumuksesta. Tietojärjestelmien kehittäjät pyrkivät automatisoimaan ihmisen pois palveluprosessista eikä konsultaatiota vaativia palveluita ole

siksi ehkä ryhdytty siirtämään tietokoneelle. Verkon tavarakauppaa on lisäksi rajoittanut hidas ja kömpelö logistiikka, kun tilatut tavarat on jouduttu jonottamaan etäällä sijaitsevasta postista.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Useissa tilanteissa lainsäädäntö edellyttää allekirjoitusta tai fyysistä läsnäoloa ja jo sähköinnen tunnistautuminen on monelle ihmiselle hankala. Vanhojen tottumusten vuoksi monet avun tarvitsijat myös kuljetetaan mieluummin kotoaan palvelutiskille ja takaisin kotiin sen sijaan, että palveluneuvoja kävisi tarvitsijan kotona auttamassa. Muutoksia myös vastustetaan tunteenomaisesti vedoten sosiaalisiin kontakteihin, vaikka matkat asiointipalveluihin tai kauppaan ovat vain harvoille ihmisille merkityksellisiä sosiaalisia kokemuksia.

Uuden teknologian uhat: Joidenkin henkilöiden osalta eristäytyminen on uhka, kun mahdollisuuksia siihen lisätään. Lähikaupan ja kävelyetäisyydellä olevan tavaran jakeluautomaatin on kuitenkin arveltu lisäävän naapuruston koheesiota.

1.5 Lähiruoka ja funktionaalinen ravinto

Nykytilanne kustannuksineen: Elintarviketeollisuuden taloudellinen arvo Suomessa on noin 10 miljardia euroa. Yhdysvalloissa ravintoon käytetään Suomeen verrattuna kaksinkertainen määrä kansantuotteesta, noin 10 %.

Toistaiseksi lähivalmistuksen ja terveysvaikutteisten elintarvikkeiden osuus ihmisten ruokavaliossa on vähäinen eikä lähiruoan terveellisyys tai eettisyys aina ole suurissa yksiköissä tuotettua ravintoa parempi. Tulevaisuudessa on kuitenkin odotettavissa, että ihmiset asettavat ruoalleen yhä suurempia vaatimuksia terveellisyyden, tuoreuden, monipuolisuuden sekä valmistuksen eettisyyden ja ekologisuuden osalta ja lähivalmistus on yksi uusia mahdollisuuksia tähän avaava keino.

Liikalihavuus tiedostetaan yhä suuremmaksi ongelmaksi maailmanlaajuisesti. Teknologisten valmiuksien parantuessa ihmiset voivat mitata oman ravintonsa välittömät fysiologiset vaikutukset ja aineenvaihdunnan ongelmat, joka lisää tietoisuutta ravinnon merkityksestä. Kun omatoiminen terveydenhuolto yleistyy maailmassa (ks.1.8), ravinnon terveellisyyteen tullaan kiinnittämään kaikkialla entistä enemmän huomiota.

Vaikka funktionaalisen ravinnon haaste on erityisesti nähtävä maailmanlaajuisesti, liikalihavuus ja muut ravintoon liittyvät haasteet ovat edelleen hyvin olennaisia myös Suomessa. THL:n tilastojen mukaan terveydelle selkeästi haitallisesti lihavia on miehistä 20 % ja naisista 19 % käyttäen kriteerinä painoindeksiä 30 tai enemmän. Ympäristöministeriön teettämän selvityksen mukaan runsas kolmannes suomalaisen kuluttajan kaikista ympäristövaikutuksista aiheutuu ruuasta. Raaka-ainevalinnat ratkaisevat kuluttajan ruokailun ympäristöjalanjäljen. Lisäksi syömäkelpoista ruokaa heitetään kotitalouksissa roskiin noin 500 miljoonalla eurolla, joka vastaa noin 100 000 henkilöauton hiilidioksidipäästöjä vuodessa.

Jo nyt on mahdollista seurata varsin tarkasti kaupasta ostettujen elintarvikkeiden terveellisyyttä ja ekologisuutta tuoteselosteiden ja viivakoodien avulla. Tietojärjestelmät myös auttavat yhdistämään tiedot asiakkaittain. Toisaalta ruuan raaka-aineita hankitaan yhä enemmän monien välikäsien kautta, mikä mahdollistaa EU:n hevosenlihaskandaalin kaltaiset kuluttajien luottamusta vähentävät tapahtumat. Tavoitellun tuoreuden ohella tällaiset tapahtumat edistävät ruuan lähivalmistusta.

Terveellisellä ravinnolla on keskeinen rooli lähes kaikkien keskeisten kansantautien ehkäisyssä ja erityisesti ns. metabolisen oireyhtymän välttämisessä. Pelkästään liikalihavuuteen liittyvien sairaus- ja elämänlaatuhaittojen poisto voidaan tulkita miljardien eurojen säästöä vastaavaksi kehitykseksi. Tehokkaasti tuotetun lähiruuan yleistyminen voi säästää merkittävästi kustannuksia ravinnon kuljetuksesta. Se voi myös vähentää olennaisesti ruokaan liittyvää hävikkiä. Näiden kansallisesti keskeisten vaikutusten ohella funktionaalinen ruoka tarjoaa hyvin lupaavan mahdollisuuden Suomen viennille.

Uusi toimintamalli säästöineen ja teknologisen valmiuden kehitys: Henkilökohtaisen geenitiedon ja yksilöllisen soluaineenvaihdunnan mittatiedon käyttö nautitun ravinnon terveellisyyden arviointiin avaa uusia mahdollisuuksia. Voimme valinnoillamme yhä tarkemmin vaikuttaa ruuan terveelliseen valintaan kehon mitattujen ravintotarpeiden perusteella. Kasvien kasvatusedellytysten ja ravinnepitoisuuden yhä tarkempi tunteminen luo toisaalta mahdollisuuksia tarkkaan räätälöityyn suuren mittakaavan tuotantoon. Uusien geeniteknisesti kehitettyjen lajikkeiden, uusien valaistustekniikoiden, hiilidioksidilannoituksen ja robotiikan sekä muun automaation avulla tuottavuus kasvaa erityisesti lähivalmistuksessa.

Edellytykset paranevat ruuan lähikasvatukseen parvekkeella, katolla tai pihapuutarhassa. Tätä tukee myös lähiruoan edullisuus ekologiselta ja eettiseltä kannalta. Tuotannon ekologisuutta voidaan seurata jatkuvasti tarkemmilla alkuperämerkinnöillä. Henkilökohtaiset mittalaitteet omien elintoimintojen ja aineenvaihdunnan seuraamiseen tullevat leviämään käyttöön vielä tällä vuosikymmenellä ja edistämään tietoisuutta ruoan merkityksestä yksilötasolla. Kolesterolimittauksien vaikutus funktionaalisen ravinnon kysyntään tullee ylittymään moninkertaisesti muiden, terveydelle paljon tärkeämpien mittareiden noustessa esiin ja yksilöllisen tiedon määrän moninkertaistuessa.

Sekä tieteelliseen tietoon että mielikuviin perustuen Suomella on mahdollisuudet parantaa ulkomaankauppansa tasapainoa merkittävästi erityisesti funktionaalista ruokaa tuottamalla.

Siirtymäkauden ongelmat ja uuden teknologian uhat: Keskeisenä siirtymäkauden ongelmana ovat syvälle juurtuneet ennakkoluulot ja pelot uudenlaista ravintoa ja uudenlaisia ravinnon tuotantomenetelmiä kohtaan. Geenimuunteluun liitettyjen pelkojen osalta olennainen parannus on se, että uusilla tekniikoilla kuten sinkkisorminukleaaseja käyttäen voidaan tarkasti verrata geenimuuntelulla kehitettyjä lajikkeita perinteisellä risteytyksellä tuotettuihin lajikkeisiin. Tämä saattaa ratkaisevasti muuttaa asenteita ja hyväksymismenettelyjä sellaisten uusien GM-kasvien osalta, jotka voitaisiin periaatteessa huomattavasti suuremmin kustannuksin tuottaa perinteisesti risteyttämällä. Toisaalta voimakkaiden ennakkoluulojen vuoksi pienetkin vastoinkäymiset voivat herättää pelot uudelleen.

1.6 Etäläsnäolo ja työkalujen kauko-ohjaus

Nykytilanne kustannuksineen: Me käytämme suuren osan ajastamme matkustamiseen. Työmatkat ja työasioissa matkustaminen on kolmasosa kaikista matkoista. Työhön liittyviin matkoihin kuluu kutakin arkipäivää kohden noin puolitoista miljoonaa henkilötuntia, lähes puoli miljardia henkilötyötuntia vuosittain. Näiden matkojen pääasiallinen syy on, että haluamme kohdata muita ihmisiä, käyttää koneita ja laitteita tai suorittaa mittauksia ja valvontaa ja huoltotoimenpiteitä. Koska matkustaminen on aikaaviepää, jätämme monet asiat tekemättä, jotka kannattaisi tehdä, jos etäisyyksiä ei olisi.

Voidaan ajatella, että työmatka aiheuttaa ainoastaan kulkuvälineen kustannuksen, koska kyse on vapaa-ajasta, mutta tämä ei ole totta. Työpaikan läheisyys vaikuttaa työpaikan valintaan ja asuinetäisyys vaikuttaa asuinkustannuksiin. Lisäksi vapaa-aika on muuttumassa ihmisille yhä tärkeämmäksi eikä sitä haluta käyttää työmatkoihin.

Uusi toimintamalli säästöineen: Yhä useammin voimme käyttää koneita kauko-ohjatusti ja valvoa niitä etäläsnäolon keinoin. Voimme seurata muiden ihmisten tekemisiä, ohjata heitä ja oppia heidän tekemisistään ilman, että olemme samassa tilassa fyysisesti. Yhä useammin voimme myös saavuttaa teknologian avulla lähes läsnäoloa vastaavan kokemuksen matkustamatta ja tehdä haluamamme tarkastukset ja mittaukset olematta mittauskohteiden kanssa samassa tilassa.

Näiden etäläsnäolon toimintamallien avulla vähennämme matka-aikoja, lisäämme työsuoritteita, valitsemme vapaammin asuinpaikkamme, käytämme vapaa-aikamme paremmin ja saamme paremman yhteyden niihinkin yhteistyökumppaneihin ja tehtäviin, jotka ovat meistä etäällä. Hyödyt voivat olla miljardiluokassa vuosittain.

Teknologisen valmiuden kehitys: Koneet ja laitteet ovat kiihtyvällä vauhdilla muuttumassa kauko-ohjattaviksi. Ihmisen tavoin työkaluihin tarttuvat kauko-ohjattavat robotit ovat kokeiluvaiheessa. Kauko-ohjattavat lentävät, kävelevät ja pyörillä liikkuvat valvontalaitteet, kokouksiin ja koulutukseen osallistuvat robotit, joiden kautta osallistujalle välittyy suurin osa osallistumisen tunteesta, kauko-ohjattavat lumiaurat, nostokoneet, kaivinkoneet ja tutkimuslaitteistot ovat jo käyttökelpoisia. Vastaavia esimerkkejä on loppumattomiin. Teknologian valmius on jo suuri, mutta käyttötottumusta on vähän ja tietoisuuden taso on huono.

Siirtymäkauden ongelmat: Rakenteiden muutos johtaa merkittäviin osaamisvajeisiin ja uudelleenjärjestelyihin. Siirtymävaiheessa näitä tarpeita on vaikea jäsentää, usein joudutaan mukavuusalueen ulkopuolelle eikä edes käsitetä, mikä kaikki olisi mahdollista. Monet hyödylliset muutokset ovat sellaisia, etteivät ne kuulu kenenkään työtehtäviin ja ovat organisaation ylimmälle johdolle liian vähäisiä. Työmatka-ajan säästämistä ei myöskään moni osaa pitää tärkeänä, koska se vaikuttaa toimintaan vain epäsuorasti eikä normaali organisaatio koe vastuuta työntekijöidensä suorittamista työmatkoista.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Julkisilla kulkuväylillä liikkuvia robotteja ei nykyinen lainsäädäntö salli. Myös lentäviä mittalaitteita lainsäädäntö rajoittaa. Etätyötä ei saa valvoa samalla tavalla kuin fyysisellä työpaikalla tehtyä työtä ja työsopimukset usein estävät urakkatyön. Verotuksen vuoksi työtila kodin yhteydessä tulee kaksi- tai kolme

kertaa kalliimmaksi kuin työhuone työnantajan tiloissa. Lisäksi työmatkoja subventoidaan sekä verotuksessa että julkisessa liikenteessä siitä huolimatta, että ne useimmiten tapahtuvat liikenteen järjestäjän kannalta kalleimpaan ruuhka-aikaan.

Uuden teknologian uhat: kauko-ohjattavien laitteiden merkittävin uhka on terrorismi ja ilkivalta. Tämä tulee ottaa huomioon järjestelmiä suunniteltaessa.

1.7 Oppimisen ja opastuksen yksilöllistyminen

Nykytilanne kustannuksineen: Erilaisissa koulutus- ja opastustehtävissä työskentelee Suomessa lähes 200 tuhatta henkilöä. Päätoimiseen oppimiseen käytetään noin kolmannes eläkeikää edeltävästä elinajasta ja työuran aikaiseen oppimiseen, opastus-, opetus- ja neuvontatehtäviin merkittävä osa työajasta. Osaamisen siirto järjestetään tyypillisesti fyysisesti keskitetyssä muodossa aiheuttaen merkittävää rakentamistarvetta ja noin puoli miljardia matkasuoritetta vuosittain.

Opetuksen fyysisiin rakenteisiin kiinnitetty järjestämistapa luo tehottomuutta erityisesti uusien asioiden opettamisessa. Opetuksen laatu ja sisältö rajautuvat rakenteisiin sitoutuneiden opettajien kykyihin. Tutkinnot muodostuvat usein opetukseen osallistumisen tärkeimmäksi motiiviksi, ja tutkinnot eivät mittaa parasta osaamista vaan opettajien ajastaan jääneen opetussisällön sisäistämistä.

Opettajalla on nykymuotoisessa opetuksessa hyvin vähän yksilöllistä aikaa kullekin oppilaalle. Oppilailla ei myöskään ole useinkaan mahdollista valita omaan oppimistyyliinsä parhaiten sopivaa oppimismetodia eikä taipumuksiinsa ja kiinnostuksen kohteisiinsa sopivia konteksteja opetettavien asioiden oppimiseen. Lisäksi eri aiheet ovat oppilaskohtaisesti eri tavoin vaikeita eikä nykymuotoinen opetus tue omantahtista etenemistä muutoin kuin kirjojen avulla.

Osaamistarpeet moninaistuvat ja muuttuvat yhä nopeammin. Hidasliikkeinen järjestelmä osaamisen siirtoon johtaa osaamisvajeen kasvuun opetukseen suunnatuista panoksista huolimatta. Tämä heijastuu koko kansantalouteen.

Uusi toimintamalli säästöineen: Uudessa toimintamallissa yhdistetään useita tietoteknisiä mahdollisuuksia. Parhaiden taitajien luennot seurataan itsenäisesti verkon yli, harjoitukset tehdään tietokoneen tai kauko-ohjattavien robottien sekä simulaattoreiden avulla, opetuksen ohjaaja valvoo suoritusta ja ohjaa sitä tarvittaessa. Opetukseen lisätään pelillisyyttä. Keskustelut ja vertaisoppiminen suoritetaan yhteisissä projekteissa verkossa tai fyysisesti kohtaamalla. Työssä oppimisessa käytetään virtuaalilaseja sekä kauko-ohjattuja robotteja, jotka näyttävät mallia työsuoritteesta, ja joiden avulla työn ohjaaja voi paikalle saapumatta valvoa ja opastaa harjoittelijaa. Osaamisen todentaminen arvioidaan opetuksesta riippumatta ja nopeasti muuttuvilla osaamisalueilla osaamisen todentaminen on määräaikainen.

Teknologisen valmiuden kehitys: Khan Academy, Google Glass ja monet simulaatiot sekä opetusohjelmat ja harrastemaiset yhdessä oppimisen verkostot osoittavat uusien

menetelmien käytännöllisyyden ja toimivuuden jo nyt. Teknologian kehittyessä edelleen on paikalla ja ajalla yhä vähemmän merkitystä osaamisen siirrossa.

Siirtymäkauden ongelmat: Nykyisen opetukselliset instituutiot ovat monesta syystä raskasliikkeisiä. Tutkintojärjestelmät ovat sitoutuneet opetuksen järjestämisen tapaan kuten rahoituskin. Poliittinen päätöksenteko, ammatillisten järjestöjen edut ja totunnaiset arvot ja arvostukset hidastavat kaikki tarvittavia muutoksia.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Lainsäädäntö asettaa merkittäviä rajoituksia opetussisällöille ja opetuksen järjestämisen tavoille. Opetusta tuetaan julkisin varoin merkittävästi ja tuen ehtona ovat vanhentuneet sisällöt ja menetelmät. Yksityinen koulutus on varsin vähäistä eikä voi toimia kehityksen moottorina. Osaamisen siirron mallit saadaan julkisen koulutuksen kautta, joka hidastaa myös lainsäädännön kannalta vapaan alueen kehittymistä.

Uuden teknologian uhat: Maailmankuvan jäsentyminen yhä moninaisemmin tavoin johtaa helposti siihen, että toisiaan fyysisesti lähellä olevat ihmiset eivät koe kuuluvansa samaan kulttuuriin eivätkä jaa yhteistä identiteettiä.

1.8 Toimintakyvyn säilyttämistä tukeva omatoiminen ja yksilöllinen terveydenhuolto

Nykytilanne kustannuksineen: Terveydenhuollon toiminta voidaan jakaa tauteja ja muita terveyshaittoja ennalta ehkäisevään toimintaan, tauteja tunnistavaan toimintaan ja tautien ja muiden terveyshaittojen hoitoon. Omatoimisen terveydenhuollon mahdollisuudet liittyvät erityisesti tunnistavaan ja ennaltaehkäisevään toimintaan, vaikka omatoimisuus tarjoaa mahdollisuuksia myös uudenlaisiin hoidon käytäntöihin. Internet tarjoaa englannin kielellä jo nyt erittäin hyvän tietopohjana oireisiin perustuvan hoidon mahdollisuuksien selvittämiseen. Varsinkin vaikeita kroonisia tauteja kuten MS-tautia sairastavat muodostavat aktiivisesti vertaisyhteisöjä ja hyödyntävät internetin tarjoamaa tietoa.

Omatoimisella terveydenhuollolla voi olla erittäin merkittävä rooli psyykkisen terveyden edistäjänä. Uudet tavat huolehtia ja ottaa vastuuta paitsi omasta, myös läheisten, työtoverien ja mm. yksinäisyydestä kärsivien psyykkisestä hyvinvoinnista voivat paitsi yleisesti lisätä hyvinvointia myös säästää merkittävästi julkiselle sektorille muodostuvia kustannuksia. Kustannussäästöjä syntyy mm. psyykkisistä syistä työkyvyttömyyden vähenemisenä. Tällaisia vaikutuksia tarkastellaan lähemmin arvoverkoston 1.9. yhteydessä.

Terveyden- ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) tilastojen mukaan Suomen terveydenhuollon kokonaismenot olivat vuonna 2011 noin 17 miljardia € eli noin 9 % BKT:sta. Omatoiminen terveydenhuolto voinee vaikuttaa erityisesti kustannuksiin, jotka liittyvät erikoissairaanhoidon avohoitoon, lyhytaikaiseen vuodeosastohoitoon, psykiatriseen hoitoon, perusterveydenhuollon avohoitoon sekä erilaisiin laboratorio- ja kuvantamistutkimuksiin. Näiden palvelujen kustannukset ovat nyt noin 5 miljardia €. Toissijaisesti vaikutusta on kaikkeen muuhunkin terveydenhuollon piirissä tapahtuvaan toimintaan. Aktiivisilla omaisilla

ja tukihenkilöillä voi mm. olla olennainen vaikutus myös psyykkiseltä toimintakyvyltään alentuneiden hoitoon (vrt.1.9).

Suoraan terveydenhuollon kustannuksina näkyvien vaikutusten omatoimisella terveydenhuollolla voi ennakoida olevan monenlaisia muunlaisia vaikutuksia. Omatoimiseen terveydenhoitoon aktivoitumisella voi odottaa olevan erityisen suuri merkitys terveyshaittojen ennaltaehkäisyn kannalta. Hoitotulokset paranevat, kun sairaudet tunnistetaan varhaisessa vaiheessa. Kansalaiset saattavat entisestään aktivoitua terveellisiä elämäntapojaan. Näin sairauksista johtuvia työpäiviä menetetään vähemmän ja kansalaisten yleinen elämänlaatu parantuu.

Uusi toimintamalli säästöineen teknologisten toimintamallien kehittyessä: Hoidon järjestäminen ja sen antaminen tullee tulevaisuudessakin perustumaan pääasiassa vuorovaikutukseen hoidettavan ja hoidon ammattilaisten kesken, vaikka tekniset mahdollisuudet itse annettavaan hoitoon ratkaisevasti paranisivat. Hoitohenkilöiden ja potilaiden kohtaamiset voivat kuitenkin olla hyvin erilaisia kuin nyt.

Jo vuoden 2020-vaiheilla on täysin mahdollista, että lääkärin ja potilaan kohtaaminen etenee seuraavasti. Potilas etsii oireestaan tai sairaudestaan tietoa internetistä saatuaan oireet esitettyään sähköisestä ajanvarauksesta neuvon mistä etsiä luotettavaa tietoa. Potilaalla voi olla kotonaan tai palveluna helposti saatavilla mittalaitteita, joiden laatu vastaa tai ohittaa monet nykyiset laboratoriotutkimukset. Potilas tapaa lääkärin ja lääkäri tekee keskustellen alustavan diagnoosin. Lääkäri voi käyttää joustavasti netin kautta toisten ammattilaisten vertaistukea ja erilaisia tietokantoja. Myös potilaalle avattavat tietokannat sisältävät oireisiin perustuvia hoitosuosituksia ja luokiteltua näyttöä hoitojen vaikutuksista. Diagnoosi kytketään rutiininomaisesti potilaan henkilökohtaisiin geenitietoihin, jotka ladataan kansallisesta geenitietopankista.

Potilas voi omatoimisesti katsoa kuvia ja videoita vastaavista tilanteista ja jopa saada lähimmän vertaisvaivan kärsijän suostumuksella tämän yhteystiedot. Joka tapauksessa hänet ohjataan aina hänen diagnoosiaan vastaavan vaivan keskustelupalstalle.

Seuraavaksi diagnoosia testataan sovituin omatoimisin testein. Tarjolla on yhä helpommin käytettäviä ja edullisia testipattereita kuten esimerkiksi terveysongelman syljestä tunnistavia biosiruja. Monet ympäristöolosuhteille herkät ja luotettavuutta vaativat testit jäänevät edelleen pääosin ammattilaisille. Testien jälkeen lääkäri tai muu hoitohenkilö kohdataan uudelleen joko kasvokkain tai internetin välityksellä. Jos hoito sujuu odotusten mukaisesti, uutta kohtaamista ei tarvita, mutta kaikki vaiheet tallennetaan sähköiseen potilaskertomukseen. Potilaskertomukset ovat uusien hoitojen pohjana. Niitä tulkitsee potilaan itsensä lisäksi omalääkäri ja/tai potilaan henkilökohtainen vastuuhenkilö.

Yllä kuvatun kaltaisten prosessien kehittyessä uusien teknisten mahdollisuuksien myötä aukenee huomattavia mahdollisuuksia säästöihin varsinkin terveydenhuollon henkilökuntamenoissa ja tilojen käytössä. Aktiivinen omatoiminen kiinnostus terveyteen johtanee lisääntyvään huolestumiseen terveydestä. Positiivisesti tämä edistää tautien varhaista tunnistamista ja terveyshaittojen ennaltaehkäisyä mutta se johtanee myös terveyden edistämisen kannalta tarpeettomiin yhteydenottoihin terveydenhuoltoon. Tämä voi vähentää

terveydenhuollon kustannusvaikuttavuutta ja omatoimisuudella saavutettavissa olevia kustannussäästöjä.

Siirtymäkauden ongelmat ja lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Keskeisenä siirtymäkauden ongelmana ovat omatoimisesti kerättävissä olevan tiedon ja helppojen testien luotettavuus ja väärien tulkintojen riski. Vääriin ratkaisuihin liittyvät vastuukysymykset hidastavat olennaisesti pienenkin riskin omatoimisia ratkaisuja. Hitaan etenemisen riskinä on toisaalta omatoimisten potilaiden aktiivinen kääntyminen ulkomaisten verkossa toimivien valvomattomien palveluiden puoleen.

Uuden teknologian uhat: Vaikeasti käsiteltävänä pysyvänä riskinä omatoimisessa terveydenhoidossa on ns. medikalisoitumisen lisääntyminen ja pinnalliseen tietoon perustuvat väärät valinnat. Lääkkeitä käytetään ehkä yhä enemmän muuhun kuin varsinaisten sairauksien ja oireiden hoitoon. Niistä etsitään apua esimerkiksi hillitsemään surureaktiota, hidastamaan kaljuuntumista, alentamaan ylipainoa tai virkistämään erektiota.

1.9 Toimintakyvyn lisääminen toimintakykynsä menettäneille

Nykytilanne kustannuksineen: Toiminta- ja liikuntakyvyn voi menettää synnynnäisen vamman, sairauden, tapaturman tai ikääntymisen johdosta. Vaikeimmin toimintakyvyttömiä ovat ne, jotka eivät selviydy kotonaan itsenäisesti edes tuetusti eli tarvitsevat jatkuvasti asumispalveluja. Huonokuntoiset ikääntyneet ovat suurin toimintakyvyn menettäneiden ryhmä. Vuoden 2011 lopussa jatkuvan huolenpidon varassa oli 75 vuotta täyttäneistä noin 52 000 henkilöä. Heistä valtaosa kärsi vaikeasta dementiasta. Muita toimintakyvyn menettäneitä oli ko. vuonna noin 25 000. Heitä olivat mm. kehitysvammaiset, psyykkisesti sairaat ja selkäydinvammaiset.

Lievemmin toimintakyvyltään alentuneet tulevat huonosti toimeen ilman toisten jatkuvaa apua. Heistä suuren ryhmän muodostavat noin 100 000 henkilöä, joiden näkö- tai kuulovamma alentaa olennaisesti heidän toimintakykyään. Osittain tämän ryhmän kanssa päällekkäisen ryhmän muodostavat pitkäaikaishoidon ja säännöllisen kotihoidon yli 75-vuotiaat asiakkaat. Heitä oli THL:n tilastojen mukaan vuoden 2011 lopussa noin 54 000. Yhdessä vaikeammin vammautuneiden kanssa heitä oli vuoden 2011 lopussa noin 25 % yli 75-vuotiaista.

Edellä mainittujen ryhmien toimintakyvyn aleneminen liittyy arjessa selviämisen edellytyksiin ilman toisten toisten ihmisten jatkuvaa tukea. Suuren ryhmän toimintakyvyltään alentuneita muodostavat työkyvyttömyyseläkkeellä olevat. Heistä valtaosa selviää arjestaan ilman toisten henkilöiden tukea ja toimintakyvyn aleneminen liittyy selviämiseen työtehtävistä. Työkyvyttömyyseläkkeelle siirtymisen kaksi keskeistä perustetta olivat vuonna 2009 tuki ja liikuntaelinten sairaudet (34 %) ja mielenterveyden ongelmat (30 %). Muita ryhmiä, joiden arjesta selviämisesssä on enemmän ongelmia, ovat mm. verenkiertoelinten sairaurauksista, hermoston sairauksista sekä vammoista ja myrkytyksistä kärsivät (Pensola ym. 2010).

Mielenterveyden ongelmat ovat jatkuvasti lisänneet osuuttaan työkyvyttömyyden perusteista. Psyykkisen toimintakyvyn käsite liittyy ihmisen elämänhallintaan ja -tyytyväisyyteen, mielenterveyteen ja psyykkiseen hyvinvointiin (Sosiaaliportti 2013). Työtehtävistä selviytyminen ja elämän mielekkyyden yleinen kokemus liittyvät läheisesti toisiinsa. Myös työelämästä poistuneiden tai sen ulkopuolelle jo nuorena jääneiden osalta elämän yleisen tarkoituksettomuuden kokemus on erittäin tärkeä toimintakykyyn ja yleisesti hyvinvointiin vaikuttava tekijä. Tarkoituksettomuuden kokemuksiin liittyvät varsinkin näissä ryhmissä myös kokemukset yksinäisyydestä.

Työkyvyttömyys aiheuttaa erittäin paljon kustannuksia. Pekka Himanen (2012) päätteli Sinisessä kirjassaan viitaten Työterveyslaitoksessa tehtyihin arvioihin, että pelkästään mielenterveyssyistä johtuvan varhaisen työkyvyttömyyseläkkeelle jäämisen aiheuttamat kustannukset ovat menetetyn työpanoksen kautta lähes 10 miljardia euroa vuodessa.

Arjesta selviytymiseen liittyvässä toimintakyvyn alenemisessa aivovammat ja -sairaudet tulevat muodostamaan vuonna 2030 keskeisen julkisten kustannusten erän, elleivät hoitokäytännöt radikaalisti muutu. Alzheimerin taudista on muodostumassa suomalaisen elämän yhä tärkeämpi määrittelijä. Suomessa vuonna 2010 syntyneen keskimääräinen odotettavissa oleva elinikä oli 80,1 vuotta (THL:n tilastot). Vielä vuonna 1950 se oli vain 65 vuotta ja 1980 75 vuotta. Dementiasta kärsii noin joka 14. yli 65-vuotias ja joka kuudes yli 80-vuotias. Niinpä ilman ehkäisyn ja hoidon läpimurtoja muistisairaita on arvioitu olevan Suomessa vuonna 2030 noin 130 000 nykyisen noin 85 000 asemesta.

Dementian hoidon vuosittaisiksi kustannuksiksi on arvioitu Suomessa noin 24 000 e potilasta kohden (Määttä ym. 2007). Suorista kustannuksista 60–80 % syntyy pitkäaikaisesta laitoshoidosta. Lievästi muistisairaita, joilla on ilmeisiä ongelmia muistamisessa, on lisäksi ainakin noin kolmannes muistisairaiden kokonaismäärästä. Määtän ym. (2007) lukua lähtökohtana käyttäen puhutaan vuonna 2030 nykyrahassa vähintään 3 miljardin euron vuotuisista julkisista kustannuksista. Tässä summassa eivät ole mukana omaisille aiheutuneet epäsuorat kustannukset eikä muistisairaille itselleen ja heidän läheisilleen koituva kärsimys verrattuna muistiterveyden säilymiseen. Voi arvioida, että jo nyt pysyvän toimintakyvyn alenemisen julkiselle sektorille aiheuttamista kuluista noin 2/3 liittyy aivosairauksiin. Ottaen huomioon ongelman odotettavissa oleva vaikeutuminen ja toimintakunnon pysyvän heikkenemisen elämänlaatuvaikutukset, puhutaan epäilemättä tulevaisuuden yhdestä haastavimmasta ongelmasta.

Uusi toimintamalli säästöineen ja teknologisen valmiuden kehitys: Suuri kysymys on, miten teknologiset ratkaisut vaikuttavat ihmiselämän mielekkyyteen ja tarkoituksellisuuteen liittyvien syvällisten kysymysten ratkaisussa. Kaikilla työntekijöiden motivaatiota ja hyvää vuorovaikutusta työpaikoilla parantavilla ratkaisuilla on vaikutuksia työpaikkojen hyvinvointiin ja mielenterveysongelmista aiheutuvan työkyvyttömyyden määrään.

Monet uudet teknologiat auttavat kustannustehokkaasti toimintakunnoltaan pysyvästi alentuneita selviämään, vaikka niillä ei voida vaikuttaa alentumisen syihin: robottijalat, lääkeannostelijat, keinosilmät, kodinhoitorobotit, etäavustajat, yhä älykkäämmin toimivat valvontarannekkeet, tms. toimintakyvyn puutteita kompensoivat välineet.

Muiden kuin muistisairauksien osalta uudet apuvälineet saattavat jopa tehdä täysin tarpeettomaksi toisten henkilöiden avun ja välineillä autetut henkilöt voivat jopa kokea itsensä niiden avulla toimintakyvyltään terveiden veroiseksi. Näkymät eivät ole kuitenkaan kovin lupaavia muistisairaiden osalta, jos näiden tautien syntyyn tai etenemiseen ei voida vaikuttaa. Selvästi lupaavin ja kustannustehokkain vaihtoehto on ko. tautien ennaltaehkäisy vrt. 1.8. Alzheimerin taudin hoitoon on tällä hetkellä käytettävissä vain taudin etenemistä hidastavia ja toimintakykyä väliaikaisesti parantavia lääkkeitä (www.muistiasiantuntijat.fi) eikä näköpiirissä ole varsinkaan riskittömiä uusia hoitomuotoja. Näin on perusteltua todeta, vaikka eläinkokeessa on vastikään tunnistettu hyvin lupaava lääkeaine (http://www.express.co.uk/news/uk/426932/Missing-Link-found-in-cure-for-Alzheimer-s) Voi tosin ennakoida, että hoitokäytännöt kehittyvät niin, että syöpähoitojen tapaan dementian hoidossa hyväksytään paranemiseen pyrkiminen korkealla kuolemanriskillä. Tämä liittyy asenteiden ja käytänteiden kehittymiseen koskien eutanasiaa.

Siirtymäkauden ongelmat: Valtion ja kuntien talouden ollessa kasvavissa vaikeuksissa, on yhä vaikeampi perustella toimintoja, jotka lisäävät julkisen talouden velkaantumista, vaikka niiden vaikutukset ikäihmisten hyvinvointiin olisivat merkittäviä. Toisaalta apuvälineistä ja uusista muistisairaiden hoidoista voi tulla tärkeitä vientituotteita, ja ikääntyneet ovat yhä suurempi äänestäjäryhmä.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Erittäin korkean kuolemanriskin hoitojen salliminen vaikeasta dementiasta kärsiville edellyttää lainsäädännön muutoksia.

Uuden teknologian uhat: Julkinen avokätinen tuki uuden teknologian käyttöönotolle voi johtaa sellaisen ihmisryhmän merkittävään lisääntymiseen, joka korkein kustannuksin selviää paremmin itsenäisesti, mutta vaatii muilta kansalaisilta huomattavaa rahoituspanosta. Suurien kuolemanriskien salliminen muistisairaiden hoidoissa voi johtaa eutanasian hallitsemattomaan lisääntymiseen.

1.10 Tietoisuutta toimintaympäristöstä lisäävät välineet

Nykytilanne kustannuksineen: Lähes kaikki inhimillinen päätöksenteko perustuu toimintaympäristön havainnointiin. Me mittaamme, kuvaamme, vertaamme, hahmotamme ja teemme päätöksiä keräämämme tiedon perusteella. Olemme kiinnostuneita fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista, muodoista ja liikkeistä sekä sosioekonomisesta käyttäytymisestä. Mitä tarkempaa ja ajanmukaisempaa tietoa me saamme kiinnostuksemme kohteista, sitä todennäköisemmin päätöksemme ovat oikeita ja toimintamallimme johtavat tehokkaisiin tuloksiin. Tiedonkeruu on keskeinen osa kaikkia toimialoja. Useimmilla aloilla mitatun tai kerätyn tiedon puute on myös toiminnan kehittämisen suurimpia esteitä.

Navigaattori on hyvä esimerkki välineestä, joka mittaa sijaintimme ja laskee reitin määränpäähän antaen ohjeet siitä, mihin meidän tulee kulloinkin kääntyä. Ulkolämpömittari kertoo meille, kuinka meidän tulisi pukeutua ja kalastajien käyttämät kaikuluotaimet kertovat, missä kannattaa kalastaa, ja missä syväys ei riitä veneen kulkea. Julkisiin liikennevälineisiin kytketyt anturit välittävät tiedon sijainnistaan, jonka me näemme pysäkillä odo-

tusaikana tai aikataulumuutoksena. Kamera auttaa meitä kertomaan havainnoistamme muille. Ammattitehtäviin liittyy huomattava määrä mittalaitteita ympäristön havainnointiin, ja huomattavasti julkisia tietokantoja laajempi erikoisalojen informaatio, mutta ihmisten arjessa ympäristön tilaa kuvaavia tietoja ja mittalaitteita on vielä varsin vähän. Joudumme luottamaan silmämääräisiin havaintoihin tai yleiseen käsitykseen.

Uusi toimintamalli säästöineen: Internet sisältää jo nyt suuren määrän tietoa ympäristöstä ja tiedon määrä lisääntyy nopeasti. Me saamme tiedon ympäristön rikollisuudesta, ravintoloista, vapaista seurustelukumppaneista ja maisemista. Verkon tietokantoihin kertyvä ns. big data antaa meille yhä tarkemman tiedon toimintaympäristömme tilasta ja mahdollisuuksista, uudet anturit auttavat keräämään tätä tietoa yhä tarkemmin ja yhä useammasta ympäristön ominaisuudesta. Älypuhelimen kamera kykenee vain vähäisin lisälaittein tutkimaan lämpövuotoja, materiaalikoostumuksia ja muita yksityiskohtia. Lähitulevaisuudessa arkeen liittyy laitteita, joilla kemiallisia ja biologisia ominaisuuksia voidaan helposti tunnistaa ja jopa tunnistaa sienilajikkeet sienimetsässä. Kehittyneiden mittalaitteiden leviäminen arkeen lisää verkossa olevan tiedon määrää entisestään ja lisää siihen vertailtavuutta. Robotiikan, virtuaalilasien, kuten Google Glassin ja muiden tietoa keräävien ja käyttävien välineiden avulla on kykymme havaita ja saada tietoa toimintaympäristöstämme kasvamassa räjähdysmäisesti. Google Glass voi kertoa meille keskustelukumppanimme emootiotilan, analysoimaan tämän pulssin ja ihon kosteuden vaihtelut ja internetissä olevat tiedot. Lisääntyvä informaatiomäärä ja sen jalostaminen pilvipalveluiden avulla aiheuttaa merkittäviä säästöjä tutkimus- ja oppimiskustannuksissa, organisaatioiden päätöksenteossa ja yksilötason toiminnassa.

Teknologisen valmiuden kehitys: Big data -tyyppiset ratkaisut leviävät nopeasti. Robotiikan levitessä tiedonkeruu yleistyy. Älypuhelimien kemiallisia testejä tekevät lisälaitteet ovat prototyyppivaiheessa ja edullisia biologisia antureita on myös laboratoriossa kehitteillä. Yksinkertaisin ja hyvin edullisin laboratoriossa demonstroiduin menetelmin kyetään esimerkiksi näkemään ihmiset seinien läpi. Kehitysnopeus viittaa siihen, että 2020 luvun alussa meidän arkinen kykymme selvittää ympäristömme tilaa on moninkertainen nykyiseen verrattuna. Ammattitehtävissä lienee luultavaa, että poliisi esimerkiksi lähitulevaisuudessa jo etäältä tunnistaa kameransa avulla, kuka on käyttänyt huumeita.

Siirtymäkauden ongelmat: Yksityisyyden suoja on koetuksella, kun ihmisten on yhä helpompi saada tietoa ympäristöstään ja siinä liikkuvista ihmisistä.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Lisääntyvään tietoon ei juurikaan liity lainsäädännöllisiä esteitä, koska avoimen datan periaatteita on hallinnossa ryhdytty soveltamaan. Lainsäädäntöön tulee kuitenkin kohdistumaan paineita yksityisyyden suojan vuoksi, koska monet uudet teknologiat paljastavat ihmisistä asioita, joita he ovat tottuneet pitämään yksityisinä.

Uuden teknologian uhat: Yhä yksityiskohtaisempi tieto ihmisten sijainnista tarjoaa mahdollisuuden rikollisten tarkemmalle toiminnalle.

1.11 Toiminnalliset materiaalit ja uudet materiaaliteknologiat

Nykytilanne kustannuksineen: Kaikki meidän tavaramme ja ravintomme perustuu moninaisiin raaka-aineisiin ja niiden käyttöön joko lopputuotteissa tai välivaiheina. Teollisuus on Suomessa erityisen raaka-ainevaltaista. Käytetyt raaka-aineet ja niiden tuotantotavat vaikuttavat lopputuotteiden kustannuksiin, tuoteominaisuuksiin, prosesseihin, energiatarpeisiin, osaamistarpeisiin, teollisuuden jätteisiin ja tuotteiden kilpailukykyyn.

Jotta Suomi voisi menestyä tulevaisuudessa, maamme teollisuuden tulisi panostaa erityisesti materiaalien ominaisuuksien kehittämiseen ja muiden kehittämien uusien materiaalien hyödyntämiseen ns. toiminnallisuuden periaatteita noudattaen. Lainaten Tekesin Toiminnalliset materiaalit -teknologiaohjelman luonnehdintaa toiminnallisella otteella tarkoitetaan materiaalien ja niiden ominaisuuksien syvällistä ymmärtämistä, niiden räätälöintiä erityisiin käyttöihin soveltuviksi, sekä huomion kiinnittämistä valmistettavuuteen ja materiaalien elinkaareen. Toinen taloudellisuuteen viittaava tapa määritellä näitä materiaaleja on radikaalisti korkeampi arvonlisä kiloa kohti verrattuna ei-toiminnallisiin materiaaleihin.

Noin puolet Suomen tavaraviennistä eli noin 26 miljardia € muodostui keväästä 2012 kevääseen 2013 jalostetuksi raaka-aineeksi luettavista tuotteista. Niistä osa edustaa vain vähäistä arvonlisää verrattuna jalostamattomaan luonnon perusraaka-aineeseen (ks. 1.14) ja osa on jo selkeästi korkeamman jalostusasteen toiminnallista materiaalia: pahvi ja paperi, paperimassa, puutavara, puulevyt, lastulevyt, vaneri, öljytuotteet, muovit, muovilevyt ja kalvot, värit ja lakat, kupari, nikkeli, kulta, sinkki, hopea, alumiini, metallilevyvalmisteet, putket, langat, turkisnahat, kivennäisaineet. Muukin Suomen teollinen tuotanto kuten koneiden valmistus perustuu suuressa määrin raaka-aineiden käyttöön. Laajemmassa mielessä myös esimerkiksi Suomelle tärkeä lääkkeiden valmistus voidaan rinnastaa toiminnallisiin materiaaleihin.

Uusi toimintamalli säästöineen ja teknologisen valmiuden kehitys: Materiaaliteknologian läpimurtoina odotetaan uudentyyppisiä pintoja, kevyitä rakenteita, pikavalmistukseen soveltuvia rakennusmateriaaleja ja lujuusominaisuuksiltaan aiempaa olennaisesti parempia materiaaleja. Uudet materiaalit saattavat johtaa rakennusteollisuuden merkittäviin säästöihin sekä työvoima- että materiaalikustannuksissa, koneteollisuuden säästöihin olennaisesti vähemmän metallia sisältävien koneiden muodossa ja lukuisiin muihin hyvin radikaalisti työtä, energiakustannuksia ja materiaalikustannuksia alentaviin sekä tuoteominaisuuksia tuoviin parannuksiin lähes kaikilla teollisuuden aloilla.

Materiaaleja opitaan myös tuottamaan aiemmasta poikkeavilla keinoilla. Nanoteknologia, bioteknologia ja kemia konvergoivat ja toiminnallisia materiaaleja opitaan tuottamaan esimerkiksi bakteerien avulla niitä manipuloimalla.

Harvinaisten maametallien hyödyntäminen on erityinen haaste Suomelle. Yrjö Myllylä (2011) näkee mahdollisuuksia erityisesti tietotekniikan ja muun hitech-teollisuuden tarvitsemissa harvinaisissa maametalleissa ja erityisesti platinametallien ryhmässä. Suhteellisesti vahvin platinametalliesiintymä kulkee Ranuan, Posion, Taivalkosken ja Kuusamon kautta Venäjälle. Näihin maametalleihin panostaminen on keskeistä, jos halutaan kääntää logistisia virtoja Venäjältä toivotusti Pohjanlahden ja Suomen suuntaan Jäämeren sijaan.

Siirtymäkauden ongelmat: Uudet materiaalit eivät useinkaan sovellu nykyisiin prosesseihin. Niiden hyväksikäyttö saattaa edellyttää laajoja systeemisiä muutoksia. Tärkeidenkin uusien materiaalien käyttö voi siksi edetä aluksi hitaasti ja kasvaa sen jälkeen eksponentiaalisesti rakenteiden muuttuessa. Perinteinen teollisuus on varautunut huonosti tämänkaltaisiin ilmiöihin ja uudet mahdollisuudet saattavat edetä Suomessa liian hitaasti, mikäli niiden puolestapuhujia ei ole riittävästi. Vanhoihin materiaaleihin ja prosesseihin liittyy paljon osaamista, joka materiaalien uudistuessa vanhenee. Tämä näkyy työvoiman uudelleenkoulutustarpeena ja saattaa näkyä myös rakenteisena työttömyytenä muutoksen edetessä. Muutoksella on siksi vastustajansa. Uudistushakuinen asenneilmapiiri on avainasemassa.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Monet määräykset ja prosessit ovat kiinnittyneet nykyisiin materiaaleihin ja niiden ominaisuuksiin. Uusi materiaali saattaa olla aiempaa parempi hieman toisella tavalla suunnitellussa rakenteessa, mutta normit ja käytänteet voivat olennaisesti hidastaa muutosta.

Uuden teknologian uhat: Uusiin materiaaleihin ja prosesseihin saattaa liittyä vaaroja, joita materiaalien käyttäjät eivät tunnista. Uudet materiaalit saattavat toisaalta nopeasti korvata meidän tärkeitä vientituotteitamme.

1.12 Tavaran älykkyyden toiminnalliset lisäarvot

Nykytilanne kustannuksineen: Valtaosa rakenteista ja tavaroista ei osaa kommunikoida ympäristönsä kanssa. Tavarat eivät myöskään kommunikoi laajamittaisesti keskenään, eivätkä vielä muodosta laajamittaista esineiden internetiä (Internet of Things). Pakkaukset eivät tiedä osoitteitaan koneen luettavassa muodossa eivätkä valvo kuljetustapaa tai olosuhteita.

Merkittävä osa kokoonpanotehtävistä ja huoltotehtävistä on osien etsimistä. Tavarat harvoin osaavat etsiä omia käyttöohjeitaan. Kukkaruukut eivät auta oikea-aikaiseen kasteluun, eivätkä purjeet opasta purjehtimiseen. Meidän ympäristömme on täynnä tavaroita, joita me emme osaa käyttää ja, jotka eivät auta meitä oppimaan. Tämän lisäksi tavaroiden kulutuskulttuurissa korostuu jatkuvasti lyhenevä tavaroiden käyttöikä. Monien yritysten tavaroiden suunnittelussa oleellinen tekijä on ns. ”optimaalinen elinikä”, jonka jälkeen laite on joko hajonnut tai liian vanhanaikainen käytettäväksi.

Tämä kaikki aiheuttaa kustannuksia huoltotoiminnassa, rakentamisen ja kokoonpanon tehtävissä sekä laitteita käytettäessä. Huolto- ja kunnossapitotoiminta työllistää Suomessa yli sata tuhatta henkilöä. Tavaran älykkyydellä on vaikutuksensa myös logistiikan ja kaupan, rakentamisen ja valmistavan teollisuuden useiden satojen tuhansien työntekijöiden ja kuluttajan toimintatapoihin.

Uusi toimintamalli säästöineen: Jos komponentit tietäisivät, mihin ne on tilattu ja tarkoitettu, laitteet kykenisivät tilaamaan tarvitsemansa varaosat, kattorakenteet kertoisivat milloin rasitus kasvaa liian suureksi ja rakenteet hälyttäisivät, milloin ovat liian kosteita, yksinkertaistuisivat sekä kokoonpano että huolto. Seinärakenteet voivat myös valvoa

omaa kuntoaan, esimerkiksi VTT:llä on kehitetty homeen tunnistavia seinärakenteita. Säästöjen kokoluokka voi olla huomattava, mutta myös osa hyödyistä vaatii infrastruktuuri-investointeja. Mikäli tavaroiden tuotantoa painotetaan lainsäädännöllä ja kannustimilla kohti elinkaariajattelua, tämä aikaansaa paitsi kustannussäästöjä, myös materiaalisia säästöjä.

Teknologisen valmiuden kehitys: Teknologisen valmiuden kehitys on kohtuullisen pitkällä, automatisoituja tehtaita ja maatalouden käyttöön tehtyjä ratkaisuja, kuten robotisoidut navetat, voidaan jo etäohjata. Etäluentaan ja etäohjelmointiin liittyvät toimintatavat leviävät myös tavaroiden maailmaan. Painettu älykkyys on kasvava teknologia-ala. Painetun älykkyyden avulla tavaroihin voidaan jo nyt kohtuullisen edullisesti lisätä erilaista älykkyyttä, kuten antureita, indikaattoreita, internet-linkkejä ja hologrammeja. Painetun älykkyyden sovellukset ovat myös usein ekotehokkaita ja ympäristöystävällisiä, esimerkiksi painetulla teknologialla tuotetut akut ovat jo nykyään täysin biohajoavia.

Siirtymäkauden ongelmat: Siirtymäkauden ongelmina voi olla informaatiomassojen hallitsematon kasvu, jossa monisuuntaisesti kulkevaa informaatiota ei osata laajamittaisesti hyödyntää. Tämän lisäksi rakenteiden monimutkaistuminen voi aiheuttaa ennakoimattomia järjestelmäongelmia. Erityisesti vanhemmalle väestölle voi olla ongelma, mikäli tavaroiden käyttö alkaa vaatia tietoteknisiä taitoja.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Rakenteellisina esteinä voivat olla erityisesti monet tavaroiden tuottajat ja standardien puute. Tämän lisäksi lainsäädännön tulisi ratkaista mahdolliset informaation kasvuun ja kansalaisten mahdolliseen valvontaan liittyvät haasteet.

Uuden teknologian uhat: Tavaroiden lisääntyneen älykkyyden keskeiset uhat liittynevät erityisesti kompleksisesti verkottuneen teknologisen järjestelmän toimintaan. Näitä voivat olla esimerkiksi tavaroissa, laitteissa ja infrastruktuureissa leviävät virukset ja vakoiluohjelmat, joilla pyritään joko häiritsemään tavaroiden internetin toimintaa tai keräämään tietoa yksittäisten ihmisten, ryhmien, yhteisöjen ja kansakuntien toiminnasta tavaroiden internetissä.

1.13 Kestävän kehityksen energiateknologiat

Nykytilanne kustannuksineen: Suomi käyttää teollisuutensa rakenteen ja ilmastoolosuhteiden vuoksi varsin runsaasti energiaa. Kokonaisenergiankulutus vuonna 2012 oli 1.267 petajoulea eli noin 380 Terawattituntia, josta sähkön osuus oli 85.2 TWh. Suomen energiantuonti on huomattava, noin 70 %, ja päätuontimaa on Venäjä. Vuonna 2012 Suomeen tuotiin erilaisia energiatuotteita 13,4 miljardin euron arvosta ja vietiin energiatuotteita 6,3 miljardin euron arvosta. Uusiutuvien energiamuotojen osuus oli 2012 noussut 30 %:n tasolle, öljyn kulutuksen ollessa 24 %, hiilen 10 %, maakaasun 8 %, ydinenergian 18 %, tuontisähkön (nettotuonti) 5 %, vesi- ja tuulivoiman 4 %, puupolttoaineiden 23 %, turpeen 5 % ja muiden 3 %.

Lainaten valtioneuvoston selontekoa eduskunnalle(” Kansallinen energia- ja ilmastostrategia” 20. päivänä maaliskuuta 2013) varmuus energian saatavuudesta ja edullisesta hinnasta ovat nykyisenkaltaisen globaalitalouden keskeisiä kasvun edellytyksiä. Kehityskuva on kuitenkin tässä suhteessa epävarma ja sisältää riskejä.

Selonteon mukaan Kiinan ja Intian vaurastumisen voi ennakoida pitävän fossiilisten polttoaineiden kysynnän korkealla tasolla, vaikka hintakehitykseen todennäköisesti liittyy voimakkaita heilahteluja. USA:n ohella myös Euroopassa liuskekaasuvarojen käyttöönotto sekä globaalin kaupan yleistyminen nesteytetyllä maakaasulla (LNG, liquefied natural gas) hillitsevät kaasun hintakehitystä ja kaasun kilpailukyvyn voidaan arvioida säilyvän kohtuullisen hyvänä. Myös kivihiiltä on todennäköisesti tarjolla muihin energialähteisiin verrattuna edulliseen hintaan, mutta fossiilisiin polttoaineisiin kohdistuvat ympäristövaatimukset ja maksut heikentävät huomattavasti kivihiilen houkuttelevuutta polttoaineena.

Ilman merkittäviä uusia politiikkatoimia globaali energiankäyttö kasvaa niin, että ilmaston lämmönnousun rajoittaminen kahteen asteeseen käy mahdottomaksi. Jotta kahden asteen tavoitteeseen voitaisiin päästä, on Maailman energiajärjestön (IEA) mukaan käyttöön otettava kaikki mahdolliset energiantuotantoon ja -käyttöön liittyvät keinot. Energiankäyttöä on tehostettava ja energiantuotannon on pääosin perustuttava hiilettömyyteen. Energiantuotanto uusiutuvilla energialähteillä olisi kytkettävä osaksi rakennustekniikkaa ja energiajärjestelmiä. Liikenteessä on mahdollisimman nopeasti päästävä eroon öljystä.

Uusi toimintamalli säästöineen: Uusien energiatekniikoiden suurta merkitystä ei ole tarpeen erityisesti perustella. Teknologian kehitys näyttäisi ainakin suoran aurinkoenergian ja akkujen kehittämisen osalta tukevan valtioneuvoston esittämiä tavoitteita.

Teknologisen valmiuden kehitys: Uusien energiatekniikoiden kynnyskysymys on niillä tuotetun energian kustannus ja vaaditut investoinnit. Erityisesti aurinkoenergian hinta on laskenut pitkällä aikavälillä hyvin lupaavasti ja laskun voi odottaa jatkuvan tuotantomäärien edelleen kasvaessa ja näköpiirissä olevien monien keksintöjen vuoksi. Myös akkuteknologia kehittyy jatkuvasti ja uusimmat tiedotteet viittaavat suurtehoakkujen hinnan jo lähestyvän säätövoiman investointikustannuksia. Tämän kehityksen jatkuminen johtaisi suuriin muutoksiin.

Uusiutuvien energialähteiden teknologiseen kehitykseen perustuvaa maailmanlaajuista lupaavuutta voidaan ennakoida kahdella patentointiin perustuvalla indikaattorilla. Toinen indikaattori ovat Yhdysvalloissa ajanjaksolla 11.6.2010 -11.6.2012 hyväksytyt patentit(www.uspto.gov), joiden abstraktissa on mainittu ko. energiamuoto. Toinen tutkimuksessa Kuusi (2013) tähän tarkoitukseen käytetty indikaattori kuvaa 11.6.2010–11.6.2012 hyväksyttyjen patenttien osuutta kaikista niistä vuoden 1976 jälkeen hyväksytyistä patenteista, jotka mainitsevat abstraktissaan energiamuotoon viittaavan avainkäsitteen.

Uusien patenttien perusteella radikaaleja teknologisia läpimurtoja voi odottaa hieman enemmän suoran aurinkovoiman kuin tuulivoiman suunnasta. ‘Solar power’ esiintyi 5601 hyväksytyn patentin abstraktissa mainittuna ajanjaksona ja uusien tällaisten patenttien osuus oli 17 %. Tuulivoimaan liittyviä uusia patentteja oli suunnilleen yhtä paljon, mutta erona oli, että uusien patenttien osuus kaikista oli vain 13 %. Aurinkosähkön maailmanmarkkinahinnan suhteellinen aleneminen verrattuna tuulisähköön viittaa myös indikaat-

toreiden mukaiseen kehitykseen. Erityisen lupaavalta mahdollisuudelta vaikuttaa talojen ja muun rakennetun ympäristön sekä kulkuneuvojen rakenteisiin suoraan liitetty aurinkosähkö.

Patentoinnin kehitys tukee näkemystä, jonka mukaan energian lähituotanto vahvistuu. Ydinvoimakiinnostuksen vaimenemiseen viittaa se, että siihen liittyviä uusia patentteja oli ko. periodilla 3 929 ja uusien osuus kaikista oli 11 %. Myös sähkökulkuneuvojen kehityksen kannalta keskeiset litium-akut ovat uusilla patenteilla mitaten kehittymässä varsin nopeasti. ”Lithium battery” sanat sisältäviä abstrakteja oli 437 ja uusien patenttien osuus kaikista vuoden 1976 jälkeen hyväksytyistä oli 17 %. Lupaavaa ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta on, että patentoijat viittaavat kasvavassa määrin patenttidokumenteissaan ilmaston muutokseen (”climate change” 1115, uusien osuus 19 %) ja että hiilidioksidin talteenotto on yksi nopeimmin kasvaneista patentoinnin sektoreista (” carbon dioxide capture” 2104, uusien osuus 24 %).

Siirtymäkauden ongelmat: Aurinkosähkön ja tuulivoiman kasvattaessa osuuttaan merkittävästi syntyy tarjonnassa merkittävää vaihtelua vuodenaikojen ja säätilan mukaan. Tämä tulee kompensoida joko energiaa varastoimalla tai säätövoimalla. Säätövoimaan ja energian riittävyyden takaamiseen liitttyvä lyhytnäköinen regulointi ja mahdolliset kompensaatiot voivat merkittävästi hidastaa siirtymistä uusiin energiamuotoihin. Tekeillä olevat suuret päätökset energiainvestoinneista voivat aurinkosähkön ja energian varastointitekniikoiden hintakehityksen jatkuessa nykyisellään osoittautua kannattamattomiksi. Investointien takaisinmaksua laskettaessa ei tyypillisesti ole otettu huomioon energian hinnan halpenemista, joka kuitenkin aurinkosähkön trendien valossa näyttää todennäköiseltä.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Uusiutuvan energian liittäminen sähköverkkoon pientuotantona on edelleen ongelmallista. Energiaomavaraisten tai pääosin energiaomavaraisten alueyhdyskuntien syntymiselle on merkittäviä esteitä. Älykäs sähköverkko ei ole valmis eikä kuluttaja edelleenkään osallistu sähkön kysynnän nopeiden muutosten tasaamiseen. Siihen ei ole signaaleja eikä insentiivejä.

Uuden teknologian uhat: Mikäli energiayhtiöt eivät ryhdy kuluttajamarkkinoilla kuluttajakäyttäytymistä ohjaavaan dynaamiseen hinnoitteluun, johtaa kotitalouksien aurinkopaneelien laajamittainen hankinta markkinahäiriöön, päällekäisiin investointeihin ja energiayhtiöiden mahdollisiin taloudellisiin vaikeuksiin. Mikäli sähkön varastointikyky ei kehity riittävän nopeasti aurinko- ja tuulisähkön määrän kasvaessa, ajaudutaan mahdollisesti kalliisiin ja lyhytikäisiin ratkaisuihin huoltovarmuuden turvaamiseksi.

1.14 Raaka-aineet maapallon hyödyntämättömiltä alueilta ja avaruudesta

Nykytilanne kustannuksineen: Nopea talouskasvu Aasiassa on lisännyt malmien kysyntää ja tehnyt taloudelliseksi hyödyntää aikaisemmin epätaloudellisina pidettyjä jo löydettyjä malmivaroja. Samalla hintojen nousu on herättänyt kiinnostuksen aikaisemmin tutkimattomiin raaka-aineiden lähteeseen maapallolla ja myös maapallon ulkopuolella. Maa-

pallon hyödyntämättömiä tai vähän hyödynnettyjä alueita raaka-aineiden hankinnassa ovat varsinkin syvien merien pohjat ja arktiset alueet.

Merien pohjista toistaiseksi on hyödynnetty merkittävästi vain öljyä ja kaasua. Toronton yliopiston geologian professorin Steve Scottin mukaan merenpohjan tulivuorten läheltä löytyy kuparia, sinkkiä, lyijyä ja kultaa samantapaisina sulfidimalmeina kuin kuivaltakin maalta. Esiintymät ovat lohkareita, joiden metallipitoisuus voi olla hyvin suuri. Pieniäkin määriä voi hyödyntää kannattavasti. Verrattuna maanpäällisiin kaivoksiin ei tarvita kuilua. Kaivoskuilun poraaminen maksaa 4 500–7 500 dollaria metriltä ja kaivostunnelin rakentaminen 1 200–2 300 dollaria metriltä. Merenpohjasta ei kerry sivukiveä eikä synny happoja. Ympäristöongelmia on vähän. Edelläkävijä merenpohjan mineraalien hyödyntäjänä on Nautilus Minerals Inc, joka on ensimmäisenä käynnistänyt sulfidimalmien hyödyntämisen Papua-Uuden Guinean aluevesilla. Tavoittelun kohteina ovat kupari, kulta ja hopea.

Suomessa Aasian talouskasvun piristämä kaivostoiminta on liittynyt pääosin aiemmin tunnistettujen malmivarojen hyödyntämiseen. Suomen metallikaivoksista louhitaan ja rikastetaan pääasiassa kromia, nikkeliä, kuparia, sinkkiä, kobolttia, hopeaa ja kultaa. Suomen osuus koko EU-alueen kullan ja nikkelin tuotannosta on merkittävä. Sotkamon Talvivaarassa on Euroopan suurin tunnettu nikkeliesiintymä. Kuitenkin yli 90 % Suomessa jalostetuista nikkelirikasteista tuodaan edelleen maahamme pääasiassa Venäjältä. Kromia saadaan vain muutamista paikoista maapallolla, mutta Suomen kromivarannot ovat huomattavat.

Teräksen raaka-aineena käytettävää rautaa ei Suomesta tällä hetkellä louhita, vaikka potentiaalia raudan kaivostuotantoon löytyy Itä-Lapista. Kaikki Suomessa jalostettavat rautarikasteet tuodaan näin ollen ulkomailta, pääasiassa Ruotsista ja Venäjältä. Teräs on tärkein raudasta valmistettava tuote. Teräksen kokonaiskierrätysaste on Suomessa 90 prosenttia.

Suomessa ei louhita alumiinin raaka-ainetta, bauksiittia, mutta olemme merkittävä alumiiniraaka-aineen kierrättäjä. Kierrätyksessä kuluu 5 prosenttia siitä energiamäärästä, jota alumiinin valmistaminen neitseellisestä bauksiitista vaatii. Kun alumiinitölkki valmistetaan kierrätetystä alumiinista, säästyy energiaa yhtä paljon kuin sitä kuluu tietokoneen käytössä yhdessä vuorokaudessa (Stena Recycling).

Suomessa ei ole uraanikaivoksia, mutta metallia esiintyy Suomen maankamarassa paikoin niin paljon, että uraanin etsintä on taas elpynyt hintojen kohottua. OECD:n ydinenergiaohjelman ja IAEA:n yhteisen raportin mukaan maailman taloudellisesti käytettävissä olevien uraanivarantojen arvioidaan riittävän nykyisten ydinvoimaloiden tarpeisiin seuraavaksi 85 vuodeksi.

Uusi toimintamalli säästöineen ja teknologisen valmiuden kehitys: Robotiikan kehityksellä tulee olemaan vaikutus uusien alueiden ja luonnonvarojen käyttöön. Merissä 4–5 kilometrin syvyydellä operoivat robotit ovat jo nykyisin vakiintunutta teknologiaa. Erilaiset mittalaitteet kehittyvät jatkuvasti ja auttavat etsimään lupaavia esiintymiä ihmisen hankalasti lähestyttävistä paikoista.

Maata läheltä kiertävät asteroidit ovat kasvavan kiinnostuksen kohteina. Niiden koostumuksesta saadaan tietoa optisin menetelmin, ja lupaavimpia asteroideja suunnitellaan kartoitettavaksi vielä tällä vuosikymmenellä, jotta niihin voitaisiin lähettää robotteja etsimään niistä erityisesti avaruudessa käytettäväksi tarkoitettua vettä sekä maahan tuotavaksi tarkoitettuja harvinaisia platinaryhmän metalleja. Näitä löydetään maankuoresta vain paikoista, joihin asteroideja on aiemmin pudonnut, mutta joissakin asteroideissa niiden pitoisuus on hyvin runsas.

Suomen kallioperää pidetään varsin suotuisana paikkana löytää niin sanottuja high-tech -metalleja. Ne ovat välttämättömiä uuden teknologian laitteissa kuten kännyköissä, litteissä näytöissä, katalysaattoreissa ja aurinkokennoissa (GTK). Tällaisia metalleja ovat mm. niobi, tantaali, indium, gallium, germanium, skandium ja harvinaiset maametallit.

Siirtymäkauden ongelmat: Materiaaliteknologiaan liittyy nyt erityisen nopean muutoksen signaaleja, ja mikään ei takaa sitä, että nyt arvokkaat metallit olisivat edelleen yhtä tärkeitä ja arvokkaita tulevaisuudessa. Siksi laajamittaiseen kaivostoimintaan sisältyy aiempaa suurempia riskejä. Toisaalta Aasian maiden nopea kasvu luo rajallisiin resursseihin yhä kasvavia hintapaineita.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Uusien alueiden omistussuhteiden kiistanalainen tai määrittelemätön tila hankaloittaa selkeästi kehitystä.

Uuden teknologian uhat: Kaivostoimintaan liittyy runsaasti hyvin tunnettuja riskejä. Arktisen alueen, merenpohjan ja avaruuden hyväksikäytön riskit ovat osin tuntemattomia. Merkittävä teollinen asema avaruudessa tarjoaa myös selkeän sotilaallisen position.

1.15 Viihteen, kulttuurin ja vaikuttamisen osallistuvat muodot

Nykytilanne kustannuksineen: OKM tiedottaa sivuillaan: "Kulttuuri on kansantaloudessa merkittävä kokonaisuus. Sen osuus bruttokansantuotteesta on suurempi kuin alkutuotannon toimialojen. Myös ulkomaankaupasta sekä kulutuksesta kulttuurin osuus on huomattava. Vuonna 2005 Suomi vei kulttuurituotteita ja palveluita yhteensä yli 700 miljoonalla eurolla. Kotitaloudet kuluttivat samana vuonna kulttuuriin yhteensä 5,5 miljardia euroa. Tiedot käyvät ilmi Tilastokeskuksen ja Opetusministeriön tuottamasta kulttuurin satelliittitilinpidon raportista, jossa on selvitetty ensimmäistä kertaa kulttuurin merkitystä kansantalouden tilinpidon kehikossa.

Vuonna 2005 kulttuurin osuus Suomen bruttokansantuotteesta oli 3,2 prosenttia ja osuus työllisistä 4,2 prosenttia. Kulttuurin osuus bruttokansantuotteesta oli suurempi kuin esimerkiksi alkutuotannon, perinteisten teollisuuden toimialojen tai matkailun."

Ihmiset käyttävät hyvin suuren osan vapaa-ajastaan erilaisten kaupallisesti tuotettujen tai harrastemuotoisten tapahtumien, pelien, viihteen ja tietoverkkojen sosiaalisen median parissa. Tapahtumat ja harrasteet voivat myös olla poliittisesti suuntautuneita ja moninainen ympäröivään yhteiskuntaan vaikuttaminen on merkittävä osa tietoverkoissa ja tapahtumissa toimimista.

Nk. Internet-sukupolvet (1990-luvulla syntyneet) ja siitä nuoremmat ovat kasvaneet vuorovaikutteisen ja visuaalisesti rikkaan teknologisen viihteen aikaan. Käytössä on laajamittaisesti kehittyneitä tietokoneohjelmia, videopelejä ja itseilmaisun välineitä.

Uusi toimintamalli säästöineen: Verkkopelit, simuloidut maailmat, tietokonepelien ja fyysisen maailman yhdistyminen kasvattavat jatkuvasti osuuttaan ihmisten ajankäytössä. Samoin tekevät Napster ja muut ei kanavapohjaiset musiikin kuuntelutavat sekä verkossa tapahtuva yhteinen musiikin ja viihteen jakaminen ja tekeminen sekä siitä keskustelu. Urheilun tekniset apuvälineet ovat kytkeytymässä osaksi sosiaalista mediaa, yhteisesti luodot ilmiöt, kuten flash mob osoittavat sosiaalisen median voimaa fyysisen maailman vuorovaikutustilanteissa, kuten myös väestön yhteistoiminta levottomuusalueilla ja mellakoissa. Verkkoon kootaan virtuaalimatkoja, kulttuurit kohtaavat verkkopeleissä. Tietoverkko auttaa selviämään vieraissa paikoissa ja kulttuureissa sekä uuden kohtaamisessa. Automaattisten maksuttomien kielenkääntäjien avulla yhä useampi kommunikoi vieraskielisten ihmisten kanssa lähes päivittäin. Harrasteet ja kulttuuri johtavat ammatillisten yhteyksien syntymiseen ja vahvistumiseen sekä työssä tärkeisen taitojen oppimiseen.

Teknologisen valmiuden kehitys: Teknologiaa on jo käytössä laajamittaisesti. Kehitys on kuitenkin edelleen nopeaa, esimerkiksi pelit muuttuvat yhä reaaliaikaisemmiksi ja käyttäjäpopulaatioiltaan massiivisemmiksi (vrt. esimerkiksi iPhonen monen käyttäjän pelit). Pelikokemukset ovat jo visuaalisesti jopa ”parempilaatuisia” kuin näköhavainnot reaalimaailmassa. Käyttäjät liikkeet ja eleet tunnistavat laitteet siirtävät jo nyt käyttäjän hahmon virtuaalimaailmaan ja läsnäolon tuntu sekä vuorovaikutuksen kokemus vahvistuvat. On vain ajan kysymys, koska elokuvista tulee pelien tavoin interaktiivisia ja voisivatko ne osittain perustua reaaliaikaiseen ”joukkoistamiseen”. Toisaalta tätä on jo kokeiluluontoisesti testattu, ja todettu että tarinoiden laatu tyypillisesti heikkenee ja keskinkertaistuu.

Siirtymäkauden ongelmat: Siirtymäkausi on käynnissä ja ongelmana voisi mainita erityisesti ihmisen ja yhteiskunnan kapasiteetin omaksua uusia käyttökokemuksia ja jatkuvasti uudistuvaa teknologiaa.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Lainsäädännölliset esteet liittyvät ensisijaisesti yksityisyyden suojaan. Tästä syystä onkin keskeistä, että lainsäädäntä keskittyy ratkaisujen puitteisiin eli pitämään huolen siitä, että järjestelmässä olevaa tietoa ei käytettäisi vääriin tarkoituksiin. Yhteiskunnallisia rakenteellisia esteitä tullee osallistuvuuden kasvulle olemaan runsaasti. Keskeiset rakenteelliset esteet liittynevät kansalaisten kokemuksiin siitä, miten järjestelmässä käytetään tietoa ja mihin asioihin kansalaiset todellisuudessa saavat vaikuttaa.

Uuden teknologian uhat: Uhkana liian pitkälle viety teknologisaatio eli se, että ihmiset eivät osaa enää oikein toimia maailmassa ilman (informaatio)teknologiaa. Uhkana on kansalaisten vieraantuminen niin toisistaan kuin reaalimaailman ongelmista. Poliittisen manipulaation mahdollisuus kasvaa myös, mikäli ihmiset turruttavat itseään teknologiaan perustuvalla viihteellä eläen erilaisissa rinnakkaistodellisuuksissa ja irtautuen fyysisestä yhteisöllisyydestä ja yhteiskunnallisesta kokemuksesta. Toisaalta sosiaalinen media osoittaa tietoverkkojen myös voimistavan ja laajentavan sosiaalisia yhteyksiä.

1.16 Maanpuolustus ja terrorismin torjunta

Nykytilanne kustannuksineen: Maanpuolustuksen tarkoitus on turvata rauha siten, että kansalaiset ja organisaatiot voivat toimia valtakunnan alueella vapaasti lakien puitteissa ja itsenäinen mahdollisuus säilyy lakien säätämiseen kansalaisten eduksi ulkopuolisten painostamatta. Suomen puolustusbudjetti on noin 3 miljardia euroa, jonka lisäksi rauhan aikana varusmiespalvelusta ja kertausharjoitusaikaa noin vuosi lähes jokaisen miespuolisen suomalaisen opiskelu- ja työuran ajalta.

Perinteisen sodan aikana vihollista on haitattu tai pakotettu tuhoamalla tämän puolustuskykyä, tuotantolaitoksia, logistisia yhteyksiä ja väestön elinmahdollisuuksia ja ääritapauksena miehitetty vieraan valtakunnan alue. Yhä useammin haittaaminen tehdään taloudellisin keinoin avustamalla valtakunnan sisäisiä häiriötekijöitä, estämällä kauppasuhteita sekä tuhoamalla tai haittaamalla tietoteknisiä toimintoja ja varastamalla taloudellisesti arvokasta tietoa.

Uusi toimintamalli säästöineen: Yhä suurempi osa ulkovaltojen rahoittamasta laittomasta toiminnasta on siirtynyt hajautettujen verkostojen paikallisten solujen suorittamiksi terrori-iskuiksi, tietoverkkojen kautta tapahtuvaksi tiedon kalasteluksi, tietoverkkojen kautta tapahtuvaksi haittaamiseksi ja kauko-ohjattujen välineiden käytöksi aseina. Vastapuolelle aiheutettu vahinko maksimoidaan aiheuttamatta itselle suuria taloudellisia tai miestappioita. Näiden keinojen estäminen on tehokkainta kansainvälisessä yhteistyössä tietoverkkojen signaalikuuntelun, poikkeavan käyttäytymisen tunnistamisen ja poikkeavan ostokäyttäytymisen seuraamisen keinoin.

Teknologisen valmiuden kehitys: Autonomiset ja kauko-ohjattavat nelikopterit, robottihyönteiset, suurtehokondensaattorit, laserkanuunat, dna-kirjoittimet, tarkka ilmakuvaus lennokeista, keinonenät, hahmontunnistus ja kemiallinen tunnistus ja verkkosodankäynti tekevät vanhoista maanpuolustuskeinoista riittämättömiä.

Siirtymäkauden ongelmat: Maanpuolustuksen kannalta uusiin uhkiin vastaamisen tehokkaimmat keinot ovat vaikeasti toteutettavissa ilman kattavaa tiedustelutietoa maan rajojen ulkopuolelta ja ilman kykyä puuttua maan rajojen ulkopuolisiin tietojärjestelmiin.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Uudenlaiset uhkakuvat edellyttävät perusteellista pohdintaa maanpuolustuksen luonteesta ja keinoista.

Uuden teknologian uhat: Näköpiirissä on moninaisia uusia täsmäiskuihin kykeneviä robotisoituja biologisia ja kemiallisia joukkotuhoaseita. Uusien tuhoaseiden ja vanhan puolustusvälineistön yhteensopimattomuus on ilmeinen. Tietoverkkoihin ja automaatioon perustuvan yhteiskunnan haavoittuvuus kasvaa ja on ilmeinen.

1.17 Tilojen ja rakenteiden toiminnallistuminen

Nykytilanne kustannuksineen: Rakennettu ympäristö muodostaa kansallisvarallisuudestamme merkittävän osan. Rakentaminen on suhdanneherkkä ala, mutta sen osuus kansantuotteesta on tavallisesti lähellä kymmenystä.

Rakennettuun ympäristöön lasketaan rakennukset, liikenne-, energia-, vesi- ja jätehuolto sekä tietoliikenteen verkkoihin sekä niiden toimintaan liittyvät rakennelmat, laitteet ja rakennetut luonnonelementit. Rakennetulla ympäristöllä on moninaisia vaikutuksia mm. energiankulutukseen, viihtyvyyteen ja toiminnallisuuteen.

Tilojen ja rakenteiden toiminnallistumisen tavoitteita ovat mm. rakentamisen ja huoltotoiminnan tuottavuuden sekä tilojen taloudellisuuden ja käytön tehokkuuden parantaminen. Myös turvallisuusnäkökulma on tärkeä liittyen sekä fyysiseen turvallisuuteen infrastruktuurin kunnon seurannan ja rikosten estämisen kautta että tietoturvaan. Toiminnallisuutta pyritään nykyään lisäämään tietoteknisin keinoin. Tietoteknisten osien yhteensopimattomuus on tämän kehityksen suurimpia esteitä. Rakennetun ympäristön tietotekninen lisäarvo syntyy pääosin mittaus-, anturi- ja verkkoteknologioiden sekä ohjelmistojen kehittymisen kautta.

Uusi toimintamalli säästöineen: Rakennetun ympäristön tulevaisuuden viisi suurta kehityslinjaa ovat: 1) Digitaalisen tiedon määrä ja hyödynnettävyys rakennetussa ympäristössä kasvaa. 2) Tietomallien, laskentamenetelmien ja tietotekniikan suorituskyvyn kehittyminen mahdollistaa paremman suunnittelun ja virtuaalisen testaamisen. 3) Digitaalinen ja fyysinen maailma liittyvät toisiinsa koko elinkaaren ajan. 4) Palvelupohjainen ohjelmistointegraatio, tilanteen mukaan ohjautuvat järjestelmät, sosiaalinen media ja paikannusteknologiat mahdollistavat automaattisesti käyttäjien tarpeisiin räätälöityvät rakennetun ympäristön palvelut. 5) Olemassa olevan rakennuskannan tietomallintaminen on merkittävä haaste, josta selviäminen edellyttää menetelmien ja teknologioiden kehittämistä.

Tietomallintaminen erityisesti luo mahdollisuuksia suuriinkin säästöihin, koska korjausrakentaminen voidaan toteuttaa kokonaisvaltaisesti. Rakenteet saadaan kevyemmiksi uusilla materiaaleilla, toiminnallisuutta voidaan lisätä, esim. ulkoseinät aurinkopaneeliksi, katot puutarhoiksi, tiet aurinkopaneeleiksi, ikkunat ja sisäseinät näyttölaitteiksi, valaisimet tukiasemiksi. Rakenteet saadaan itseään korjaaviksi, oman huoltotarpeensa ja käyttöolosuhteensa tunnistaviksi.

Teknologisen valmiuden kehitys: Tällä hetkellä rakennetun ympäristön tieto- ja viestintäteknologian state-of-the-art -ratkaisut ovat pääasiassa erillispalveluja. Pienet edistykselliset toimijat, kuten suomalainen Lonix ovat toteuttaneet laajasti integroituva ratkaisuja tietomallinnuksesta ylläpitoon jo satoihin kohteisiin yli kymmenessä maassa, mutta osuus koko rakennuskannasta on edelleen hyvin pieni.

Edistyksellinen kysyntä on rajallista, ja pääosin rakennetun ympäristön informaatioteknologian tuottajat ja hyödyntäjät ovat eriytyneet kapeisiin lokeroihin. Palvelujen tuottajat tarjoavat kapea-alaisia niche -palveluita rajattuihin tarpeisiin. Nykyhetken state-of-the-art -palvelukokonaisuuksia on neljä: 1) suunnittelun, urakoinnin, käytön ja ylläpidon palvelut,

2) etäpalvelut, 3) turvallisuuspalvelut ja 4) uudet terveyspalvelut. Tavanomaiset prosessit eivät vielä vastaa tietomalliajattelun tarpeita.

Siirtymäkauden ongelmat: Erityisenä haasteena tulee olemaan rakennusalan mukautuminen uusiin teknologisiin mahdollisuuksiin. Ala on konservatiivinen. Uudistukset täytyykin usein tehdä monimutkaisen ja pitkällisen prosessin vaatiman julkisen standardisoinnin kautta. Selityksenä tähän on se, että asiakkaan valintakriteereissä sijainti ja pohjaratkaisu näyttelevät pääosaa eikä asiakkaalla yleensä ole minkäänlaista kykyä arvioida elinkaarikustannuksia, jolloin rakennuskustannus on usein ainoa rakentajan toimia ohjaava tekijä.

Edistyksellisen kysynnän rajallisuus on ongelma. VTT:n tekemässä rakennetun ympäristön ICT-ratkaisuja luotaavassa tiekartassa vuodelta 2008 on todettu, että esimerkiksi pientalojen suunnittelijat eivät aina osaa tarjota edistyksellisiä ratkaisuja, koska markkinoilla ei ole riittävän osuvaa tietoa (Paiho et al 2008). Toisaalta aina ei ole tarjolla edistyksellistä kysyntää vastaavia tuotteitakaan. Isot toimijat hallitsevat markkinoita ja keskeisellä sijalla on jo saavutettujen etujen vartiointi.

Myös koulutusta tarvitaan sekä rakennusalalla, sekä laajemmin infrastruktuureihin liittyvillä yhteiskunnallisilla aloilla, kuten lainsäädännössä ja suunnittelussa. Siirtymäkauden ongelmia tulee olemaan myös teknologisten standardien puute ja mahdollisesti monet päällekkäiset ratkaisut.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Lainsäädännölliset ja rakenteelliset esteet liittyvät ennen kaikkea siihen, että monisuuntaisesti verkottuneen järjestelmän toiminnan seurauksia on vaikea hahmottaa. Velvoittava lainsäädäntö on tämän vuoksi hankalasti toteutettavissa. Yhteiskunnallisia rakenteellisia esteitä tullee olemaan runsaasti. Mahdollisen esteen muodostavat myös kansalaisten negatiiviset kokemukset tai pelot siitä, miten järjestelmän keräämiä tietoja käytetään.

Uuden teknologian uhat: Yhä kompleksisemmassa ja yhä useampien teknologisten ratkaisujen kautta verkottuneessa yhteiskunnassa voi ilmetä uudenlaisia ongelmia. Näitä voivat olla esimerkiksi esineiden internetin (Internet of Things) kautta kasautuvat teknologiset ongelmat, kuten vakoiluohjelmat, virukset ja kasvanut seuranta. Vieläkin viheliäisempiä uhkia voivat olla monisuuntaisesti verkottuneiden teknologisten ratkaisujen yhteensopimattomuudet ja viat, joita voi olla vaikea paikantaa ja vastuita vaikea osoittaa. Teknologioilla tulisikin olla eräänlaisia sisäisiä valvottuja rajapintoja, jotta jokin tietty ratkaisu voidaan irrottaa systeemistä.

1.18 Itseorganisoituvat yhteisölliset toimintatavat

Nykytilanne kustannuksineen: Nykyinen yhteiskunta organisoituu valtioiden, kuntien, yritysten ja kolmannen sektorin pääosin hierarkisten rakenteiden mukaan. Kussakin organisaatiossa on tyypillisesti selkeä omistus- ja hallintorakenne, yhteiset resurssit ja määritellyt, usein regulatiivisesti rajatut vastuut ja tehtäväalueet. Organisoitu toiminta kattaa koko kansantalouden ja itseorganisoituvuutta on toimintamalleissa vain rajallisesti. Laa-

jamittaisimpana sitä edustaa uusien yritysten syntyminen ja kolmannen sektorin toimijat, mutta synnyttyään nekin alkavat noudattaa perinteisiä rakenteita. Monenkokoisten ja -kykyisten kuntien paineessa valtio on säädellyt kuntien toimintaa hyvin yksityiskohtaisesti eikä lähidemokratialle ole jäänyt kovinkaan laajaa sijaa. Etäisyyden merkityksen vähentyessä ja etäyhteistyön lisääntyessä tulee kuntakokoa kasvatettaessa huomata, etteivät maantieteeseen sidotut organisointimuodot tuota lähidemokratian hyötyjä samalla tavalla kuin aikaisemmin vaan saattavat pikemmin olla yhteistyön este.

Uusi toimintamalli säästöineen: Itseorganisoituvuus ja pelilliset organisoinnin keinot on osoitettu toimiviksi mm. tieteen, yhteiskunnan, terveydenhuollon ja tuotekehityksen alueella. Linux-projekti on yksi vaikuttavimpia osoituksia uudenlaisesta tavasta organisoida yhteistyötä avoimen tuotekehitysmallin mukaan. Linux ei ole jäänyt ainoaksi merkittäväksi avoimeksi tuotekehityshankkeeksi vaan avoimen koodin verkostomaiset hankkeet ovat kasvaneet suureksi ilmiöksi monilla tietotekniikan alueilla teollisuuden sovelluksissa, robotiikassa, viihteessä ja toimistoautomaatiossa.

Itseorganisoituvuus tuottaa parhaimmillaan erikoistumista ja vaihdantaa markkinoita ja hierarkkioita alhaisemmilla transaktiokustannuksilla. Avoin kehitys mahdollistaa itseohjautuvuuden kautta myös monimuotoisempia kokonaisuuksia kuin hierarkia kuten transaktiokustannusteorian opeista voi suoraan päätellä. Itseohjautuvuus tuottaa arvoa lisäksi sekä tekemisen että kuluttamisen kautta eli tekemisen kautta myös käyttöarvo kasvaa. Tämän prosumer-arvon osoitti Alvin Toffler kirjassaan Third Wave (1980) ja sitä analysoi mm. Ilkka Tuomi kirjassaan Networks of Innovation (2003).

Itseorganisoituvat yhteisölliset toimintamalli voivat johtaa maantieteestä riippumattomiin yhteisiin rakenteisiin. Kuntarakenne voitaisiin osin korvata toimialakohtaisilla maantieteestä riippumattomilla virtuaalikunnilla. Toinen esimerkki ovat globaalit yhteisöt, kuten esimerkiksi jonkin teeman, vaikkapa hevimetallin, tai määrätyn jalkapallojoukkueen globaalit kannattajayhteisöt. Kolmas esimerkki voi olla osittain satunnaisesti organisoituvat mielenosoitukset, jotka perustuvat osittain eräänlainen sosiaalisessa mediassa leviävään ”lumipalloefektiin”. Tuoreita esimerkkejä ovat arabikevät 2012 sekä kevään 2013 tapahtumat Brasiliassa.

Tietoverkkojen työparvet ovat epämuodollisia ja väliaikaisia verkostoja, joissa kansalaiset voivat kohdata toisiaan ja esimerkiksi kehittää ideoita tai tuotteita. Työparvet voivat osittain korvata, tai ainakin täydentää, tavanomaisia organisaatiorakenteita. Tämän raportin kommentointiin on mm. osallistunut tämänkaltainen työparvi Facebookin kautta, johon on itsenäisesti liittynyt yli kolmesataa jäsentä ja monet raportin ideat ovat kommentaattoreiden ehdottamia.

Teknologisen valmiuden kehitys: Teknologiaoita itseorganisoitumisen tueksi on jo runsaasti. Avoimeen lähdekoodiin liittyvät sopimusrakenteet ovat tärkeä osa ilmiötä, kuten myös avoimen koodin projekteissa tavalliset yhteiset kehitysvälineet ja avoimiin laitekehityshankkeisiin liittyvä avoin elektroniikka, jota kuka tahansa voi vapaasti käyttää omissa projekteissaan. Myös avoimen datan ja niinkutsutun "big datan" käyttö on tyypillisesti hyvin itseorganisoituvaa. Teknologiat tuhansien, jopa miljoonien kotitietokoneiden yhdistetyn laskentatehon käyttämiseksi ovat koko ajan jalostuneet ja pilvipalvelut helpottavat itseorganisoituvien projektien käynnistymistä.

Sosiaalisen median ratkaisut, lähtien liikkeelle jo yhteiskuntaan levittäytyneistä Facebookista, LinkedInistä ja Twitteristä, voivat toimia oleellisina itseorganisoitumisen kanavina. Kiinnostavia itseorganisoituvan toiminnan muotoja voivat olla myös joukkorahoitus ja muu joukkoistaminen (crowdsourcing), joita molempia voidaan käyttää hyvin monenlaisiin tarkoituksiin alkaen yritysten tuotteiden prototyypeistä aina monimutkaisiin poliittisiin kysymyksiin asti. Crowdsourcing on myös yksi yritysten tuotekehityksessä jatkuvasti nousussa olevista toimintatavoista. Yritykset, kuten Dell, Procter & Gamble ja Lego, ovat jo pidemmän aikaa soveltaneet tämäntyyppistä lähestymistapaa tuotekehitykseen.

Yksi kiinnostava itseorganisoitumisen muoto ovat paikalliset rahayksiköt, aikapankit ja internetvaluutat, joita on otettu käyttöön sekä reaalisella paikallistasolla että virtuaalimaailmoissa. Kiinnostava sovellus itseorganisoitumiselle ovat myös ennustemarkkinat (prediction markets), joissa käyttäjät voivat lyödä vetoa eri ideoista ja sovelluksista. Esimerkiksi Abramowicz (2007) on todennut, että ennustemarkkinoita voisi käyttää jopa poliittisen konsensusasetelman tunnistamiseen.

Siirtymäkauden ongelmat: Siirtymäkauden ongelmat liittyvät vaikeuksiin integroida eri organisaatioiden järjestelmiä ja yksilöiden toimintatapoja toisiinsa kaikkien nykyisten organisaatioiden pyrkiessä säilyttämään asemansa myös itseorganisoiduissa toiminnoissa. Yksi vertailukohta siirtymävaiheeseen on suomalainen digitaalinen terveysjärjestelmä ja terveyskortti: itseorganisoituvuutta tukeva kevyt ja tehokas järjestelmä on saatu aikaiseksi jo esimerkiksi Virossa, mutta sitä on vaikea toteuttaa Suomessa koska toimijakenttä on monimutkainen ja etabloitunut. Itseorganisoituvuuteen ja uusiin valtiollisen rahan ohittaviin vaihdannan välineisiin sekä rajat ylittäviin kaupallisiin yhteistyömuotoihin liittyy myös huomattavia uusia haasteita.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Lainsäädännölliset esteet liittyvät ensisijaisesti yksilön vapauteen taloudellisessa toiminnassa, yksityisyyden suojaan ja siihen, mihin kohtaan vedetään valvonnan rajat esimerkiksi valtion kohdalla. Tämän lisäksi on haastavaa rakentaa lainsäädäntöä virtuaalitodellisuuksiin käsiterakenteiden nojatessa fyysiseen maailmaan. Periaatteessa kansalaisilla tulisi olla samat oikeudet niin reaalitodellisuudessa kuin virtuaalitodellisuudessa, mutta kuitenkin voi pohtia onko esimerkiksi virtuaalisen avatarin tai aikapankin ryöstäminen sama asia kuin reaalimaailmassa tehty rahan tai tavaran ryöstö. Rakenteellisina esteinä ovat erityisesti virtuaalimaailmoihin liittyvien yhteisöllisten sääntöjen muodostuminen ja näihin sääntöihin pakottaminen erityisesti kansainvälisessä toiminnassa.

Uuden teknologian uhat: Keskeinen uhka itseorganisoituville ja yhteisöllisille toimintatavoille ovat juurtuneet traditiot, jotka saattavat vaikeuttaa ruohonjuuritason avoimuutta. Pitkällisiin makrotason kehityskulkuihin tottuneet kansalaiset voivat myös ajatella, että asioille ei voi tehdä mitään. Myös valtiotaso saattaa jossain määrin vaikuttaa itseorganisoitumiseen. Itseorganisoituvien toimintamallien yleistyminen vaatii kuten nykyajan sosiaalisen median kulttuurikin, eräänlaista ”läpinäkyvyystoleranssia” ja mielipiteiden kirjon hyväksymistä. Tämän ei kuitenkaan tulisi johtaa ”verkkokiusaamisen” tai muiden epäsosiaalisten viestinnän muotojen hyväksymiseen.

1.19 Identiteettien ja sosiaalisten rakenteiden virtualisoituminen

Nykytilanne kustannuksineen: Ihminen esiintyy useissa rooleissa elämänsä aikana ja päivittäinkin. Työnhaussa tai ammatissa pyrimme olemaan työhön soveltuvia, harrastepiirissä käyttäydymme sen yhteisön ryhmäidentiteetin mukaan ja perhepiirissä omaksumme taas uuden roolin. Elämä on roolien toteuttamista ja elämistä. Suurkaupungissa nämä roolit eivät kovinkaan usein sekoitu keskenään ja ihminen voikin elää hyvin roolisirpaloitunutta elämää. On mahdollista ihmisen jopa pelätä, että hänen eri elämänpiiriensä ihmiset kohtaavat toisensa. Facebook on muuttanut tämän tehden hyvin monien ihmisten eri elämänpiirit näkyviksi toisilleen, mutta samalla tietoverkko on mahdollistanut ihmisen verkkoelämän täysin toisenlaisena ja fyysisen lähiympäristön ihmisiltä salaa.

Tulevaisuudessa kansalaisten identiteetit ovat kasvavassa määrin virtuaalisia. Tämän lisäksi kansalaisille voi olla useita erilaisia elektronisia identiteettejä, joilla käydä keskusteluja erilaisten kanavien kautta. Virtuaaliset identiteetit voivat tulevaisuudessa olla myös enenevässä määrin kansalaisuuden tunnusmerkkejä. Esimerkiksi Ondrejka (2007: 46–48) on puhunut kolmenlaisesta kansalaisuudesta. Näistä ensimmäinen, maantieteellinen kansalaisuus viittaa perinteiseen territoriaaliseen ymmärrykseen kansalaisuudesta. Toinen, kunniakansalaisuus voidaan tarjota erityisen arvostetuille kansalaisille. Kolmantena Ondrejka mainitsee virtuaalikansalaisuuden, joka viittaa erityisesti kansalaisuuteen virtuaaliyhteisöissä.

Virtualisoituminen vaikuttaa jo nyt poliittisen toiminnan muotoihin. Poliittinen toiminta voi perustua uudenlaisiin taustafilosofioihin, joista esimerkkeinä ovat olleet esimerkiksi nk. ”piraattipuolueet” ja tietoyhteiskuntapuolueet. Soveltaen Hintikkaa (2008) voi todeta, että virtuaalisuutta hyödyntävän poliittisen toiminnan voi jakaa haktivismiin, jossa Internetiä ja virtuaalimaailmoja käytetään vaikutuksen tehostamiseen ja täysin virtuaalimaailmoihin keskittyvään toimintaan. Uutta emergenttiä poliittista toimintaa on kutsuttu ”avoimeksi politiikaksi”.

Keskeinen termi virtualisoitumisessa, kuten myös itseorganisoitumisessa, on valtaistuminen. Se pohjautuu virtuaalisiin ”massaliikuntoihin”, massojen ja hajautuneiden verkkojen valtapotentiaaliin. Valtaistuminen avaa kanavia globaalin tason vuorovaikutukseen hyvinkin paikallisten teemojen ympärillä. Tästä syystä positiivinen tulevaisuus virtualisoitumiselle voikin olla kansalaisten valtaistuminen ja kansalaisten kasvanut kuuleminen. Kääntöpuolena on mahdollisuus laajamittaiselle valvonnalle ja globaalin tason urkkimiselle, josta onkin saatu esimerkkejä kesällä 2013 Yhdysvaltoja ja Isoa-Britanniaa koskeneista ”urkintavuodoissa”.

Uusi toimintamalli säästöineen: Sosiaalinen media on luonut tilanteen, jossa työnantaja tai yhteistyökumppani hakee ja näkee ihmisen taustan ja tuttavapiirin. Koska sosiaalisessa mediassa on vaikea puhua yhdelle yhtä ja toiselle toista tai saada valheellisesti tuttavalistoja, vahvistuu sosiaalisessa mediassa luodun roolin todellisuus ja uskottavuus. Sosiaalinen media estää roolien sirpaloitumista ja pakottaa olemaan yhtä puheidensa kanssa ja on tässä mielessä eheyttävä maailma. Avoin ihminen on enemmän sinut itsensä kanssa ja nuoriso on omaksunut sen laajasti omaksi toimintamallikseen. Ulkopuolelle jäävä on jossakin määrin epäilyttävä ja poikkeava. Kognitiivinen dissonanssi korostuu – on toimittava, kuten puhuu tai puhuttava, kuten toimii – kaikissa yhteisöissä, koska sosiaalisen median

yhteisöt ovat voimakkaasti limittäisiä. Tämä helpottaa yhteistoimintaa, lisäten luottamusta ja vähentäen väärinkäytöksiä. Ihmisten todelliset osaamiset, tilanteet ja tarpeet tulevat myös näkyviin helpommin ja verkottunut, itseorganisoituva erikoistuminen ja vaihdanta tehostuvat. Maailma muuttuu yhä läpinäkyvämmäksi ja sillä on merkittäviä vaikutuksia. Ihmiset ovat aiempaa valmiimpia tekemään yhteistyötä itselleen näkyvissä verkostoissa ja yksilön vaikutusvalta lähiyhteisöönsä kasvaa sitä enemmän, mitä avoimempi hän on. Samalla kasvaa myös yksilön haavoittuvuus.

Teknologisen valmiuden kehitys: Teknologiaa on olemassa huomattavastikin. Virtuaalisten teknologioiden listauksen voi aloittaa Facebookista, LinkedInistä ja Twitteristä, jotka toimivat virtuaalisen kanssakäymisen airuina. Tämän lisäksi erilaiset virtuaaliset maailmat, kuten Second Life, ja tuhansien käyttäjien verkkopelit, kuten World of Warcraft tai suomalainen mobiilipeli Clash of the Clans, ovat jo laajassa käytössä. Teknologiaa käytetään laajasti yritysmaailmassa ja viihteenä, mutta julkisen hallinnon sovellukset ovat vielä suhteellisen vähäisiä.

Siirtymäkauden ongelmat: Siirtymäkauden ongelmat liittyvät erityisesti vallan rakenteiden hyvin eriasteiseen läpinäkyvyyteen, roolisirpaloituneiden ihmisten kyvyttömyyteen sopeutua uuteen läpinäkyvyyteen, virtuaalisten identiteettien heikkoon suojaamiseen ja ihmisten vieraantuminen reaalimaailmasta virtuaalisten roolien tuodessa heille enemmän tyydytystä.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Lainsäädännölliset esteet liittyvät ensisijaisesti yksityisyyden suojaan ja siihen, kuinka mitäkin tietoja saa käyttää, ja mikä on yksityisen digitaalisen tilan merkitys. Identiteettivarkaudet tulevat merkittäviksi väärinkäytön tavoiksi virtuaalisten identiteettien merkityksen kasvaessa.

Uuden teknologian uhat: Virtuaalisiin identiteetteihin perustuvalla yhteiskunnallisella toiminnalla on kiinnostavia seurauksia ja riskejä, joita ei laajassa mitassa ehkä ymmärretäkään täysin. Eräs virtualisoitumisen ja ”verkkoistumisen” riski liittyy tietojärjestelmien potentiaalisesti ”ikuiseen muistiin” ja sen soveltamiseen valvontakeinona. Esimerkiksi Albrechtslund (2008) on puhunut ns. osallistuvasta valvonnasta (participatory surveillance), joka perustuu virtuaalisessa kanssakäymisessä syntyviin yhteisöllisiin tapoihin ja niiden rajoihin. Myös Zimmer (2008) on todennut, että erilaiset data jäsentävät protokollat ja algoritmit voivat luoda eräänlaista “panoptiseen valintaan” (panoptic sorting) perustuvaa valtaa eli järjestelmien portinvartijoilla on laajasti tietoja hallussaan, joita voidaan käyttää moninaisiin tarkoituksiin. Virtuaalisiin identiteetteihin perustuvalla kansalaistason osallistumisella voi olla myös muunlaisia seurauksia. Esimerkiksi Jarrett (2008) on puhunut siitä, että virtuaaliset maailmat voivat luoda käyttäjistään ikään kuin “joustavia” ja ”epäpoliittisia” mallikansalaisia. Uhkana siis on se, että käyttäjistä tulee ikään kuin ”valtasokeita” toimijoita, jotka hiljaa ja huomaamattaan jatkuvasti sopeutuvat erilaisiin yhteiskunnallisen vallan tarpeisiin.

1.20 Demokratia, vapaus ja sosiaalinen koheesio

Nykytilanne kustannuksineen: Demokratia sääntelee yksilöiden ja heidän organisaatioidensa vuorovaikutusta. Tavoitteena yksinkertaisimmin sanottuna on yhteistyön rohkaiseminen eli positiivinen summapeli ja tuhoisan eli negatiivisen summapelin välttäminen. Tavoitteena on myös, ettei kenenkään vapauksia tai osallistumismahdollisuuksia tarpeettomasti rajoiteta sen enempää regulaatioiden kuin resurssien niukkuuden kautta. Näistä tavoitteista demokratian kannattajat lienevät yksimielisiä. Yksityiskohdista mielipiteet vaihtelevat.

Demokratian Ilmeisenä tarkoituksena on, että kaikkien itsensä kokemat tarpeet tulevat huomioiduiksi. Tämä toteutuu, kun jokaisen äänestäjän äänellä on merkitys. Riittävä sosiaalinen koheesio on tarpeen, jotta ihmiset kokevat demokraattisen mekanismin hyödyllisenä ja tarpeellisena ottaakseen siihen osaa.

Demokratian kustannuksiksi voidaan laskea poliittinen ja sotilaallinen koneisto, poliisilaitos, oikeuslaitos, tulonsiirtojärjestelmä ja osa valtion ja kuntien sosiaali- ja terveysalan sekä opetustoimen kustannuksista ja infrastruktuurikustannuksista.

Uusi toimintamalli säästöineen: Erikoistuminen ja vaihdanta on historiallisesti tärkein vaurautta luova positiivinen summapeli ja sen aloittamalle kehitykselle ei näy loppua. Emile Durkheim osoitti, kuinka mekaanisen solidaarisuuden eli samankaltaisuuden vaatimuksen tulee antaa tietä orgaaniselle solidaarisuudelle, eli erilaistumiseen ja roolittumiseen liittyvälle yhteistyökykyisyydelle erikoistumisen lisääntyessä. Tämä on historiallisessa tarkastelussa näkynyt jatkuvana normien väljentymisenä ja suvaitsevaisuuden lisääntymisenä. Läpinäkyvyys lisää moniarvoisessa yhteiskunnassa koheesiota ja luottamusta toimijoiden välillä, kun se on kansalaisten välistä läpinäkyvyyttä ja vallankäytön läpinäkyvyyttä.

Siirtyminen suuruuden ekonomiasta kohti tehokasta massaräätälöintiä ja yksilöllistä tuotantoa sekä yhtä edullisempia tuotantolaitteita ja verkostomaista toimintaa johtaa aiempaa parempaan resurssien tasa-arvoon.

Castellsin osoittama ihmisten jakautuminen niihin, jotka ovat virtojen tilassa ja niihin, jotka ovat paikkojen tilassa, vähentää koheesiota paikallisesti. Kasvava suora vuorovaikutus globaalisti pienentää alueellisen demokratian roolia ja toimintamahdollisuuksia.

Teknologisen valmiuden kehitys: Tietoverkkojen ja matkailun kehitys on johtanut globaaliin yksilötason vuorovaikutuksen kasvuun. Valtiot ovat samalla ryhtyneet kasvavassa määrin vakoilemaan toistensa kansalaisia teknologian mahdollistettua sen. Kaukoohjattavat laitteet ja etätyön ulottuminen fyysisiin tehtäviin kaventaa alueellisen toimijan mahdollisuutta oman alueensa tapahtumien sääntelyyn.

Robotiikka, tietotekniikka ja muu teknologinen kehitys tekevät mahdolliseksi yhä useampien osaamisten hankinnan ja monimutkaistenkin tavaroiden ja palveluiden tuotannon käynnistämisen ilman suuria pääomia tai muita keskitettyjä resursseja.

Siirtymäkauden ongelmat: Yhä useammat yhteiset asiat ovat yhteisiä maantieteestä riippumatta. Demokraattiset mekanismit ovat joko alueellisia tai ne on organisoitu alueellisten demokratioiden yhteistyöelinten kautta hyvin etäälle ihhmisistä, joiden asioista on kyse. Demokraattiset mekanismit eivät ole rakenteellisesti sopeutuneet siihen, että tietoverkot vapauttavat ajan ja paikan kahleista.

Lainsäädännölliset/rakenteelliset esteet: Lainsäädäntö perustuu alueelliseen demokratiaan ja opetuksen sekä erikoistumisen ja vaihdannan sääntelyyn vaihtoehtojen rajoittamisen kautta. Valtiollisella lainsäädännöllä on mahdotonta luoda toimintaedellytyksiä valtioiden rajat ylittäville demokraattisille rakenteille. Siihen tarvitaan kansainvälisiä sopimuksia tai virtuaalivaltioita.

Uuden teknologian uhat: Maantieteelliset rajat ylittävän vuorovaikutuksen helpottuminen on merkittävä uhka alueellisesti organisoidulle demokratialle ja tämän kyky säädellä vuorovaikutusta demokraattisista tavoitteista etääntymättä on heikentynyt.

Luvun 1 lähdeviitteet asioiden esiintymisjärjestyksessä:

Risto Linturi (2013), Automaattisen liikenteen metropolivisio, Sovelto

Risto Linturi (2011—2013), 3D-tulostusliiketoiminnan katalysointiin liittyvä esiselvityshanke, Sitra, Sovelto

Tiina Pensola, Raija Gould ja Anu Polvinen (2010) Ammatit ja työeläkkeet, Masennukseen, muihin mielenterveyden häiriöihin sekä tuki- ja liikuntaelinten sairauksiin perustuvat eläkkeet, Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2010:16

http://www.sosiaaliportti.fi/fi-FI/vammaispalvelujen-kasikirja/tyovalineitat/arviointimenetelmia/toimintakyvyn-arviointi/

Pekka Himanen (2012) http://valtioneuvosto.fi/tiedostot/julkinen/pdf/2012/sininen-kirja/fi.pdf

Yrjö Myllylä (2011), Koillis-Suomen elinkeinostrategia 2011–2015 -luonnos. Koillis-Suomen kehittämiskeskus Naturpolis Oy / Koillis-Suomen koheesio- ja kilpailukykyohjelma)

http://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/merenpohjan+mineraalit+ja+eliot+houkuttavat/a34732, http://www.nautilusminerals.com/s/Home.asp)

http://www.edu.fi/luovasti_luonnonvaroista/suomen_luonnonvarat/kiviainekset_malmit_ja_teollisuusmineraalit)

Satu Paiho, Toni Ahlqvist, Kalevi Piira, Janne Porkka, Pekka Siltanen & Pekka Tuomaala (2008). Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntävän rakennetun ympäristön kehitysnäkymät. VTT Tiedotteita 2427. Edita Prima Oy, Helsinki 2008

Toni Ahlqvist, Asta Bäck, Minna Halonen & Sirkka Heinonen (2008), Social Media Roadmaps. Exploring the futures triggered by social media. 78 p. + 1 appendix p. VTT Research Notes 2454.

R. Hanson (2007), The policy analysis market. A thwarted experiment in the use of prediction markets for public policy. Innovations 3, 73-88.

M. Abramovicz (2007), The politics of prediction. Innovations 3, 89-96.

C. Ondrejka (2007), Collapsing geography. Second Life, innovation and the future of national power. Innovations 3, 27-54.

K. A. Hintikka (2008), Politiikka 2.0: internet uusien puolueiden alustana. Politiikka 50:1, 69-74.

A. Albrechtslund (2008), Online social networking as participatory surveillance. First Monday 13:3.

K. Jarrett (2008), Interactivity is evil! A critical investigation of Web 2.0. First Monday 13:3.

M. Zimmer (2008), The externalities of Search 2.0: The emerging privacy threaths when the drive for the perfect search engine meets Web 2.0. First Monday 13:3.]

2 Sovellustaso: yksittäiset teknologialäpimurrot

Maailmaa muuttavat usein yksittäiset laitteet tai prosessit. Näiden taustalla on usein paljon tieteellistä että teknologista kehitystä, historian saatossa syntynyttä infrastruktuuria, sosioekonomisia muutoksia sekä 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 2020. Vaikutuksen tulisi olla laaja vuoteen 2030 mennessä. Listalle päästäkseen ratkaisun perusteet on pitänyt vähintäinkin osoittaa tieteellisessä julkaisussa.

Yksittäiset radikaalin teknologisen ratkaisun listaamisen kriteerinä on, että se voi konkreettisesti tuoda merkittävää välineellistä lisäarvoa nykyisiin käytäntöihin joko säästämällä kustannuksia, helpottamalla ihmisten arkea tai lisäämällä viihtyvyyttä, vahvistamalla valtarakenteita tai heikentämällä niitä. Listatut läpimurrot ovat siis välinekeskeisiä ja johonkin selkeään arvonluontiverkoston osaan tai osiin sopivia sovelluksia. Ratkaisut kuvataan toiminnallisuutensa perusteella ja teknisiä toteutusvaihtoehtoja voi olla useita. Samassa yhteydessä voidaan kuvata useita sovelluksia, jos näiden vaatima kehitystyö on pääosin sama.

Kuvatut radikaalit teknologiset ratkaisut luokitellaan neljään eri kypsyystasoon:

1. Sovellusalueen läpimurron mahdollistava tieteellinen periaate todistettu ja toimintaperiaate demonstroitu vertaisarvioidussa julkaisussa

2. Tieteellisesti tai kaupallisesti demonstroitu prototyyppi, jonka esitetään toiminnallisuutensa puolesta täyttävän kaupallistamisen edellytykset

3. Kilpailutilanne useiden hyvin pääomitettujen toimijoiden kehittäessä teknologialäpimurtoa, jonka toiminnallisuus lähellä markkinakelpoisuutta

4. Tuotteita toimitetaan asiakkaille kasvavassa määrin sovellusalueiden ja toimitusmäärien laajetessa ja hintojen laskiessa

Radikaalin teknologisen ratkaisun lupaavuuteen pitkällä tähtäimellä vaikuttaa sen näkyvissä olevien kaupallismahdollisuuksien ohella kehittämismahdollisuuksia tukeva aihealueeseen kohdistettu tieteellinen kiinnostus ja muu laaja ja aktiivinen kehitystyö. Raportin luvussa neljä on tieteellistä kiinnostusta kuvattu paljon lainatuilla tieteellisillä artikkeleilla ja niiden muodostamilla klustereilla.

Radikaalien teknologisten ratkaisujen kuvauksissa on erikseen mainittu ne, joiden kehitystä edesauttava tieteellinen kiinnostus on ollut erityisen voimakasta vuoden 2000 jälkeen. Samaten on korostettu muun kehitystyön poikkeuksellista laajuutta tarvittaessa.

Kukin radikaali teknologinen ratkaisu kytketään arvonluontiverkostojen tasoon. Ratkaisua pidetään sitä tärkeämpänä, mitä olennaisempi vaikutus sillä kuhunkin arvonluontiverkostoon arvion mukaan on ja mitä kypsemmästä teknologiasta on kyse. Ratkaisut kytketään myös keskeisimpiin Suomen valmiiden vientikanavien tarjoamiin mahdollisuuksiin.

Radikaali teknologinen ratkaisu liittää usein yhteen eri tieteenalojen ymmärrystä. Radikaalina pidetään myös sellaista tuotantovolyymin, menetelmien tai standardoitumisen kautta syntyvää inkrementaalia kehitystä, joka esimerkiksi yleistymisen tai hinnanaleneman tms. vuoksi avaa radikaalisti uudenlaisia soveltamismahdollisuuksia.

Taulukko: Teknologialäpimurtojen ryhmät

- Ihmisen ja eliöiden tutkimus ja hoito
- Yhteiskunnalliset ja sosiaaliset sovellukset
- Käyttöliittymäteknologiat
- Algoritmit ja tietotekniikka
- Mittaaminen ja kuvantaminen
- Liikkuminen ja liikuttaminen
- Robotit
- Luonnon jäljittely ja kyborgit
- Keskeiset mahdollistavat materiaalit ja teolliset raaka-aineet
- Energiateknologia
- Viestinvälityksen teknologia ja protokollat

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.

Listatut sata radikaalia teknologista ratkaisua on arvioitu nelitasomallin avulla. Arviointikriteerit on painotuksineen kuvattu luvussa viisi. Arviointiin käytetyssä arviointitaulukossa on kaksituhattaviisisataa erikseen arvioitua kohtaa, jotka ovat raportin tekijöiden yhteisen näkemyksen mukaisia. Pääasialliset arviointiperusteet on mainittu tässä luvussa ja otsikon yhteydessä on kirjattu kokonaisarvio siten, että neljän tähden ratkaisut ovat tärkeimpinä ylimmässä neljänneksessä, kolme tähteä saaneet toisessa neljänneksessä, kaksi tähteä ja yksi tähti on vastaavasti annettu kolmannelle ja neljännelle neljännekselle. Tarkemmat arviot ovat liitteessä.

Kunkin ratkaisun kuvaamisen aluksi esitetään hypoteettisia mahdollisuuksia, jos ratkaisu lunastaa lupauksensa ennakoidulla tavalla. Tämän jälkeen esitetään yksi tai useampi tämänhetkinen kärkisaavutus ja viitataan linkkien avulla mahdollisiin muihin aihealueen edustaviin esimerkkeihin tai taustadokumentteihin. Lopuksi kuvataan teknologialupausten kannalta olennaisimman osan kypsyystaso sekä kytkennät arvonluontiverkostoihin ja vientiverkostoihin. Arvonluontiverkostojen kytkennöissä vähäiset kytkennät ovat lihavoimattomia ja erityisen merkittävissä kytkennöissä on lihavoinnin lisäksi alleviivaus.

Ihmisen ja eliöiden tutkimus ja hoito

Tähän ryhmään on koottu radikaalit teknologiset ratkaisut, joiden keskeinen tarkoitus on biologisten eliöiden ja ihmisen tutkimus ja hoito organismien sisäiseen aineenvaihduntaan puuttumalla. Hoitoon käytettyjä robottisovelluksia tarkastellaan erikseen.

2.1 Rutiinimainen kattava DNA-luenta ****

Ingressi: Biologisen olion perimä kyetään lukemaan yhä edullisemmin tavoin. Näköpiirissä on keinoja, joilla pelkkä uteliaisuus voi riittää motiiviksi oman tai toisen ihmisen perimän selvittämiseksi, ja metodeja, joilla bakteerien, sienien tai muiden eliöiden tarkka tunnistus voisi tapahtua rutiininomaisesti ääritapauksessa jopa kotona kännykkäkameran kaltaisella yleiskäyttöisellä laitteella. Tällaisen laitteen yleistyminen johtaisi geenitiedon valtavaan yleistymiseen ja siihen liittyvien palveluiden arkipäiväistymiseen.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://engineering.columbia.edu/researchers-report-novel-approach-single-molecule-electronic-dna-sequencing ,
http://fora.tv/2012/04/20/Personal_Genome_Project_and_Beyond ,
http://www.nature.com/nature/journal/v487/n7406/full/nature11236.html,
http://www.indiegogo.com/projects/ubiome-sequencing-your-microbiome?website_name=ubiome

Kehityksen kärki tai kärjet: DNA:n neljän emäksen A, C, G, T järjestyksen tunnistaminen "vetäen" DNA nanoaukon läpi ja tunnistaen samalla emäksiin kiinnitetyt merkkiaineet (tagit). Olennaisen luenta ihmisen genomista maksaa nyt noin 1000 €. Rutiinigeenitestit käytettävissä monien tautialttiuksien tunnistamiseen.

Sovellusalueita: Syöpädiagnoosi ja syövän hoitojen kehittäminen, yksilölliset alttiudet erilaisiin tauteihin mahdollistaen yksilöllisen hoidon, henkilökohtaisten ominaisuuksien tutkiminen, edellytysten jatkuva paraneminen hyödyllisten ominaisuuksien lisäämiseen kasveihin tai eläimiin geenimuuntelulla, sosiaalinen ja elämyksellinen toiminta, vakuutusten optimointi, hankintatoimi, rikostutkinta.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Tieteellinen kiinnostavuus erittäin suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, **1.5**, **1.7**, **1.8**, **1.9**, **1.10**, 1.11, 1.12, **1.13**, 1.15, **1.16**, 1.18, **1.19**, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea kanavissa 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, erityisesti suomalaisille ominaisten tautien geenitausta on jo monipuolisesti kartoitettu, 3.2.3 biotalous

2.2 Tauteja, fysiologisia tiloja ja organismien ominaisuuksia nopeasti ja halvalla tunnistavat biosirut tai biosensorit ****

Ingressi: Perimän, proteiinin tai muun monimutkaisen kemiallisen yhdisteen tunnusmerkillisiä yksityiskohtia tunnistavat biosirut tai biosensorit ovat nopeasti yleistymässä. Teknologioiden avulla lääkärit ja jopa potilaat voivat tunnistaa lääketieteellisen tilansa ilman perinteisen laboratorion apua. Tämä avaa suuria mahdollisuuksia terveydenhuollon uudelleenjärjestämiseen ja itsediagnostiikkaan. Menetelmät avaavat uusia mahdollisuuksia myös mm. elintarviketeollisuuteen.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.kurzweilai.net/detecting-single-samples-of-smallest-known-viruses , http://phys.org/news/2012-12-pocket-blood.html#jCp, http://www.engadget.com/2013/05/25/iphone-biosensor-cradle-brings-us-one-step-closer-to-having-tric/, http://www.scienceworldreport.com/articles/7910/20130702/nano-device-detects-bacteria-minutes-instead-weeks.htm, http://www.scienceworldreport.com/articles/8477/20130729/simple-saliva-samples-reveal-serious-illnesses-cancer-diabetes.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: Kehitetty erittäin tarkka sensori pystyy tunnistamaan pienimmänkin tunnetun RNA-viruksen. Lasikortille sidotut antibodit tunnistavat halvalla veripisarasta 50 erilaista tauteja indikoivaa yhdistettä. Matkapuhelimeen liitetty siru tunnistaa kuvaamalla haitallisia aineita.

Sovellusalueita: Taudinaiheuttajien ja puutostilojen nopea tunnistaminen, nopea geneettisen tyypin tunnistaminen pienin kustannuksin. Yksilöllisen hoidon mahdollistaminen ilman viivettä ja ilman monimutkaisten laboratoriomenetelmien tuntemusta. Elintarvikkeiden ominaisuuksien tunnistaminen, esimerkiksi allergeenit, pilaantuminen, ravinnepitoisuus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus erittäin suuri, useita itsenäisiä tuotekehityspolkuja

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, **1.5**, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.11, 1.13, **1.16**, 1.17, 1.18, 1.19, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on mm.VTT:ssä, markkinaläsnäolo kapea kanavissa 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit. 3.1.16 mobiili tietotekniikka 3.2.3 biotalous

2.3 Pieni ja halpa magneettikuvain *

Ingressi: Magneettikuvauslaite muodostaa kuvan kappaleen sisäisistä ominaisuuksista kappaleen magneettikentän läpäisyn perusteella. Magneettikuvauslaitteet ovat olleet suuria, suprajohtaviin jäähdytettyihin magneetteihin perustuvia laitteita. Useat ryhmät ovat kehittäneet kestomagneetteihin perustuvia magneettikuvausmenetelmiä, jotka ovat huomattavan edullisia ja helposti siirrettäviä. Näiden käyttö lääketieteellisiin tarkoituksiin on ainakin toistaiseksi rajallinen, mutta bioteknologian, kaivosteollisuuden ja teollisuuden puolella on monia sovelluksia. Uusien materiaalien magneettisten ominaisuuksien avulla voi kannettavista ja edullisista magneettikuvauslaitteista kehittyä hyvin merkittävä alue. Mikäli edullisten laitteiden tarkkuus paranee riittävästi, on tällä merkittävä vaikutus myös terveyskeskusten diagnostiikkaan ja kehitysmaiden lääketieteeseen.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.news-medical.net/news/2008/07/08/39842.aspx, http://www.arabianbusiness.com/female-saudi-scholar-develop-portable-mri-scanner-449570.html, http://www.technologyreview.com/news/406510/cheap-portable-mri/

Kehityksen kärki tai kärjet: Fraunhofer-instituutissa kehitetty siirrettävä MRI laite perustuu sähkövirtamagneettien asemasta pysyviin vahvoihin mutta pieniin noin puolen kilon magneetteihin, jotka pystyvät tarkkoihin mittauksiin.

Sovellusalueita: Elintarviketeollisuus, geologia, teollisuuden kunnossapito, lääketiede. Lääketieteessä suurimmat lupaukset kohdistuvat kehitysmaiden olosuhteisiin

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.7, 1.8, 1.9, **1.10**, 1.11, **1.14**, 1.16, 1.17, 1.18

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea alueella 3.2.3 biotalous

2.4 Geenitietoon perustuvat lääkkeet ***

Ingressi: Nykyiset lääkkeet ovat valtaosin elimistölle vieraita kemikaaleja, joiden sivuvaikutukset aiheuttavat tervehtymisen. Perimältään erilaiset ihmiset saattavat hyötyä erilaisesta lääkinnästä. Geeniteknologia mahdollistaa yksilöllisen, perimään sovitetun lääkityksen. Tämän lisäksi lääkintä voi aiempaa laajemmin toimia insuliinin kaltaiseen signalointiin perustuviin elimistön omiin aineisiin, ja kasveja tai eläimiä voidaan käyttää lääkkeiden tuotantoon.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://qjmed.oxfordjournals.org/content/97/11/705.2.full, http://www.cosmosmagazine.com/news/genetically-modified-plant-produces-insulin/, http://news.sciencemag.org/sciencenow/2012/03/one-drug-to-shrink-all-tumors.html?ref=hp, http://www.guardian.co.uk/science/2013/jul/17/downs-syndrome-cells-fixed-chromosome-therapy, http://www.scienceworldreport.com/articles/8265/20130719/mathematical-models-based-individual-dna-select-ideal-drugs.htm, http://www.scienceworldreport.com/articles/8345/20130723/controlling-genes-light-dna.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: Geenimuunneltujen organismien ja uutena erityisesti kasvien käyttö lääkemolekyylien valmistukseen, geenitiedon hyväksikäyttö syöpien hoidossa etenee nopeasti.

Sovellusalueita: Kaikkien tautien hoito taloudellisesti merkittävimpänä yleiset kansantaudit kuten diabetes, erityisen lupaavana ryhmänä perinnölliset taudit joita voidaan hoitaa geenikorvaushoidoilla eli ”parempien geenien” proteiineilla.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus erittäin suuri ja itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, **1.5**, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.11, **1.16**, 1.19, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.2.3 biotalous

2.5 Nanohiukkasten ja mikrobottien käyttö tautien hoidossa *

Ingressi: Nanoteknologia mahdollistaa suunnitellut molekyylirakenteet, joilla on lääkinnällisiä tai kehon toimintaa muutoin muuttavia ominaisuuksia. Nanohiukkaset voidaan suunnitella siten, että ne estävät tai aktivoivat haluttuja toimintoja solutasolla ominaisuuksiltaan tarkasti määrättyjen solujen alueella. Nanoteknologiaan tai mikrokokoisiin mekanismeihin perustuvilla laitteilla voidaan suorittaa terveydenhoidollisia toimenpiteitä kirurgiaa korvaten tai lääkkeiden ohjauksessa ja annostelussa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.sciencedaily.com/releases/2013/03/130313160757.htm, http://www.scienceworldreport.com/articles/8194/20130716/artificial-organelles-transform-free-radicals-water-oxygen.htm, http://gizmodo.com/magnetic-microbots-perform-eye-surgery-without-a-single-598784256, http://phys.org/news/2013-08-dna-nanorobots-tag-cellular.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Organismien immuunijärjestelmät perustuvat antibodeihin jotka tunnistavat vaarallisiksi tunnistamat yhdisteet eli antigeenit. Liittämällä kloonatuihin antibodeihin solumyrkkyjä voidaan uusimmilla solun sisään tunkeutuvilla nanohiukkasilla valikoivasti tuhota tehokkaasti syöpäsoluja. Ruiskutettavia mikrobotteja on testattu silmäkirurgian korvaamisessa.

Sovellusalueita: Syöpäsolujen hävittäminen, verisuonien puhdistaminen tukkeuttavista plakeista, immuunijärjestelmän häiriöt, reuma, vapaiden radikaalien tuhoaminen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.5, 1.8, **1.9**, 1.11, **1.12**, **1.16**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.2.3 biotalous

2.6 Eliniän pidentäminen ja ikääntymisen hidastaminen **

Ingressi: Ihmisillä ja muilla nisäkkäillä on vanhuusikä, jonka aikana elimistön uusiutuminen hidastuu tai pysähtyy ja rappeutuminen nopeutuu. Kaloilla tällaista vanhuutta ei ole. Vanhentumisen mekanismit ovat selviämässä monella eri tasolla ja näköpiirissä on keinoja, joilla vanhenemistä voidaan merkittävästi estää tai siirtää. Tutkimukset näyttävät osoittavan, että kyse on terveen eliniän pidentämisestä ja hoidoista olennaisiin vanhuusikään liittyvistä taudeista.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.biosignaling.com/content/9/1/11, http://nextbigfuture.com/2013/03/safe-sirtuin-activating-drugs-could-be.html, http://www.nature.com/news/molecules-in-the-brain-trigger-ageing-1.12891, http://news.harvard.edu/gazette/story/2013/05/making-old-hearts-younger/, http://www.scienceworldreport.com/articles/8894/20130819/girl-never-ages-hold-key-biological-immortality-video.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: Hypotalamuksen rooli vanhentumisprosessissa on tunnistettu ja hiirten tervettä elinikää on pidennetty 23 % hypotalamuksen signalointia muuttamalla. Monia ikääntymiseen vaikuttavia geenejä on tunnistettu. Erityisen lupaava vaikutuksiltaan on Sirt1 geeni ja sen tuottama Resveratrol-proteiini. Sirt1 hidastaa ikääntymisprosessia vaikuttamalla solujen kykyyn korjata geenivirheitä. Toisaalta tällä geenillä näyttäisi olevan joidenkin syöpien riskiä lisäävä vaikutus, koska se ehkäisee solukuolemia säätelevän p53 geenin toimintaa vioittuneiden solujen tuhoajana.

Sovellusalueita: Eliniän pidentäminen rohkeimmissa arvioinneissa jopa 150 vuoteen ja ikääntyvien toimintakuntoisuuden säilyttäminen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, osittaisia laboratorioprototyyppejä

Tieteellinen kiinnostavuus erittäin suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.5, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.15, **1.17**, 1.18, 1.19, 1.20

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo on kapea alueilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.2.3 biotalous

2.7 Henkilökohtainen oman kehon analysaattori ****

Ingressi: Teknologian avulla kehitellään jatkuvasti sekä kehon sisäisiä että kehon ulkopuolisia analysaattoreita lääketieteellisiin tarkoituksiin. Näköpiirissä on laitteita, jotka verenpainemittauksen, insuliinitestin tai raskaustestin tavoin olisivat henkilön itsensä käytettävissä ja kykenisivät suorittamaan huomattavan laajan joukon terveydentilaa ja muuta kehon tilaa indikoivista mittauksista.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.qualcommtricorderxprize.org/, http://www.nbcnews.com/technology/futureoftech/tiny-medical-electronics-dissolve-harmlessly-inside-your-body-6146659, http://news.cnet.com/8301-11386_3-57448666-76/wireless-tooth-tattoo-can-detect-bad-bacteria/, http://www.newsmaxhealth.com/newswidget/wristband-sensor-monitor-blood/2013/07/01/id/512832, http://gizmodo.com/5882725/the-miraculous-nasa-breakthrough-that-could-save-millions-of-lives

Kehityksen kärki tai kärjet: Halpa, sähköllä toimiva kehon tilan analysaattori, joka poistuu kehosta säädellyssä ajassa. Nasa on kehittänyt nanohiiliin perustuvan biokapselin, joka analysoi kehon tilaa sisäisesti ja lääkitsee tarvittaessa.

Sovellusalueita: Kroonisten tautien kuten diabeteksen hoito, jatkuva tai väliaikainen kehon tarkkailu esimerkiksi bakteerien tai vaarallisten yhdisteiden tunnistamiseksi, urheilusuoritusten parantaminen, ruokavalion ohjaus, sydäntautien ehkäisy, sosiaalinen media.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, **1.5**, 1.6, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.10, 1.12, 1.15, 1.16, 1.17, **1.18**, **1.19**, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo on olennainen alueilla 3.1.3 sähkölaitteet, 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.1.16 tietotekniikka

2.8 Aivojen korjaaminen ja kykyjen kasvattaminen implanteilla **

Ingressi: Aivojen toimintaa kyetään mittaamaan, tunnetiloihin vaikuttamaan ja ajattelua ohjaamaan elektronisten implanttien avulla. Näillä on esimerkiksi jo hoidettu krooniseen vakavaan masennukseen ja Parkinsonin tautiin sairastuneita potilaita ja laajennettu aiste- ja sekä parannettu apinoiden päättelytaitoja. Näköpiirissä on mahdollisuus vaikuttaa tunteisiin, lyhentää reaktioaikaa nopeutta vaativissa tehtävissä, parantaa muistia ja havaintokykyä sekä parantaa tai lieventää muitakin aivosairauksia. Aivojen tunnetilaa mittaamalla voidaan ohjata pelejä, luokitella arkistoja, tunnistaa hakukriteerejä, värittää välitettäviä viestejä ja monin muin tavoin vaikuttaa viestintään.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.technologyreview.com/news/429204/a-brain-implant-that-thinks/, http://www.kurzweilai.net/e-tattoo-monitors-brainwaves-and-baby-bump?utm_source=twitterfeed&utm_medium=twitterhttp://edition.cnn.com/2012/04/14/health/battery-powered-brain, http://www.telegraph.co.uk/science/science-news/9875931/Scientists-create-sixth-sense-brain-implant-to-detect-infrared-light.html ; http://www.technologyreview.com/news/507121/a-carbon-microthread-that-makes-contact-with-the-mind/, http://www.youtube.com/watch?v=uBh2LxTW0s0&feature=youtu.be, http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-23447600

Kehityksen kärki tai kärjet: Monia kärkiä, yhtenä lupaavimpana apinoiden aivoihin asennettu implantti pystyi stimuloimaan sellaisia alueita aivoissa, jotka verrattuina ei-stimuloituihin johtivat oikeisiin valintoihin apinoille annetussa tehtävässä. Masennuksen hoitoa elektronistimulaatiolla voi myös pitää todella merkittävänä edistysaskeleena.

Sovellusalueita: Depression ja muistisairauksien mm. Parkinssonin ja Alzheimerin taudin hoito, vioittuneiden aistien ja aivovaurioiden korjaaminen ja havaintokyvyn parantaminen, laitteiden ja viestien ohjaus implanteilla, oppimisen edistäminen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Tieteellinen kiinnostavuus suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, 1.6, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.10, 1.12, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18, 1.19

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit

2.9 Dementiaa ehkäisevä lääkitys ****

Ingressi: Alzheimer-tauti ja muut dementiaa aiheittavat taudit (mm. Parkinsonin tauti) aiheuttavat yhteiskunnalle hyvin suuren kustannuksen sekä taloudellisesti että inhimilli-

sinä kärsimyksinä. Taudin hoitoon tähtäävissä tutkimuksissa on edetty ja hoidon löytyminen näyttää mahdolliselta.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.star-telegram.com/2012/07/11/4094128/alzheimers-researchers-make-major.html , http://www.alz.org/research/science/alzheimers_treatment_horizon.asp, http://www.express.co.uk/news/uk/426932/Missing-Link-found-in-cure-for-Alzheimer-s

Kehityksen kärki tai kärjet: Alzheimer-taudin keskeinen ilmenemismuoto on beta-amyloidi plakkien muodostuminen aivoihin. On tunnistettu mutaatio joka ehkäisee Alzheimerin tautia vähentämällä beta-amyloidin muodostumista. Olennaista taudin ja muiden dementiaa aiheuttavien tautien ehkäisyn kannalta näyttäisi olevan plakkien synnyn varhain alkanut ehkäisy jopa 25 vuotta ennen oireiden ilmenemistä.

Sovellusalueita: ikääntyneiden älyllisen ja muun toimintakunnon ja itsenäisen elämän edistäminen

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus erittäin suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.5, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.10, 1.18.1.19, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on ja markkinaläsnäolo on olennainen. 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset, instrumentit, erityisesti Orion Oy:n Parkinson lääkkeiden muodossa, 3.2.3 biotalous

2.10 Elinten korjaaminen ja takaisinkasvatus, soluviljely **

Ingressi: Kantasolutekniikoiden avulla yhä useampia vaurioituneita elimiä on mahdollista korjata tai kasvattaa uusia elimiä vaurioituneiden tilalle. Sydänkohtauksessa vaurioitunut sydänlihas saadaan esimerkiksi korjatuksi ruiskuttamalla vaurioituneisiin kohtiin soluviljelmästä terveitä sydänlihassoluja. Kantasoluja on tuoreiden keksintöjen avulla mahdollista aikaansaada muokkaamalla ihmisen normaalia jo eriytynyttä solukkoa. Tämä helpottaa kantasoluhoitoja olennaisesti. Kantasolujen käyttö myös ravintotuotantoon muuttuu yhä todennäköisemmäksi skenaarioksi.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://jcs.biologists.org/content/early/2013/04/22/jcs.122754.abstract; http://ojs.tsv.fi/index.php/tt/article/view/7854/6025; http://neurosciencenews.com/regrow-limbs-peripheral-nerves-axonal-regeneration-dual-leucine-zipper-kinase-dlk/, http://news.sciencemag.org/sciencenow/2013/07/scientists-grow-human-livers-in.html?ref=hp, http://www.nature.com/news/stem-cells-cruise-to-clinic-1.12511, http://www.nature.com/news/stem-cells-reprogrammed-using-chemicals-alone-1.13416

Kehityksen kärki tai kärjet: Shinya Yamanaka and John Gurdon saivat vuoden 2012 Nobelin palkinnon löydöksestä, jolla jo eriytynyt solu voidaan palauttaa pluripotentiksi kantasoluksi. Tämä poistaa monia sekä teknisiä että eettisiä ongelmia kantasolujen käytölle, mm. koska elimiä voidaan lähteä kasvattamaan henkilölle hänen omista soluistaan. Japanilainen tutkimusryhmä on onnistunut kasvattamaan pienen toiminnallisen ihmisen maksan hiireen kantasoluja istuttamalla.

Sovellusalueita: Erittäin laajat sovellusmahdollisuudet erilaisten kudosten uusimisesta (mm. aivot) aina vioittuneiden tai tuhoutuneiden elinten kasvattamiseen. Suuret mahdollisuudet myös mm. ravinnon tuotannossa eläin- tai kasvisoluja monistamalla.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Tieteellinen kiinnostavuus erittäin suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.5, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.11

Osaamisperusta: Osaaminen vähäistä, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.2.3 biotalous mm. koska Suomessa hyvin aktiivista kantasolujen tutkimusta.

2.11 Synteettinen ruston korvaaja *

Ingressi: Nivelrikot aiheuttavat suurelle osalle väestöä liikuntakyvyn menetystä. Keinotekoiset nivelet ovat olleet ominaisuuksiltaan puutteellisia ja niiden vaatimat kirurgiset korjaustoimet ovat vaativia. Keinotekoisen ruston kehitys avaa mahdollisuuden luonnollisen nivelen tasoisiin ja jopa parempiin ominaisuuksiin huomattavasti nykyistä yksinkertaisempien operaatioiden avulla. Keinotekoisella rustolla nähdään myös merkittäviä sovellusmahdollisuuksia robotiikassa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://cleantechnica.com/2012/09/09/biocompatible-material-much-tougher-than-cartilage-developed-may-be-able-to-replace-damaged-cartilage-in-joints/, http://medcitynews.com/2013/07/synthetic-cartilage-implant-designed-to-restore-natural-joint-mechanics-in-osteoarthritis-patients/

Kehityksen kärki tai kärjet: Venymiskyvyltään erinomainen polymeerinyhdistelmä eli geeli joka soveltuu liittämään yhteen lujasti esimerkiksi luita tai muita kehon elimiä ja pystyy korjaamaan niihin syntyneitä vikoja.

Sovellusalueita: Lääketiede, robotiikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.6, 1.8, **1.9**, 1.11

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit erityisesti keinonivelet 3.2.3 biotalous

Yhteiskunnalliset ja sosiaaliset sovellukset

Tähän on koottu radikaalit teknologiset ratkaisut, jotka ovat keskeiseltä luonteeltaan sosiaalisia innovaatioita. Joukossa on käyttöliittymäinnovaatioita, joiden suurimmiksi arvioidut käyttökohteet eivät liity ihmisen ja koneen väliseen ohjaukseen vaan ihmisten väliseen vuorovaikutukseen tai inhimillisiin merkityksiin.

2.12 Oppimisen uudelleenorganisointi ****

Ingressi: Tietotekniikalla on kasvava merkitys osaamisen siirrossa. Osaamistarpeet muuttuvat yhä nopeammin, luennot ja harjoitukset sekä vertaisoppiminen voidaan toteuttaa verkossa yliopistotutkintoja myöten. Yksilöllinen etenemisrytmi, yksilöllisiä kiinnostuksen kohteita ja oppimistyylejä mahdollistavat tietoverkkosisällöt ovat uuden oppimisen metodeja. Hakukoneet edistävät nekin tarpeen mukaista oppimista. Pelilliset oppimismetodit ja simulaatioharjoittelu korvaavat perinteisiä oppimisen tapoja. Etäläsnäolon tekniikat, esimerkiksi virtuaalilasit, sallivat tietoliikenneyhteyden päässä olevan asiantuntijan näyttävän harjoittelijalle "kädestä pitäen", kuinka uusissa tilanteissa kuuluu toimia.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

https://www.khanacademy.org/about ,
http://www.ted.com/talks/sugata_mitra_build_a_school_in_the_cloud.html ,
http://usergeneratededucation.wordpress.com/2013/03/22/schools-are-doing-education-1-0-talking-about-doing-education-2-0-when-they-should-be-planning-education-3-0/,
http://elearningindustry.com/georgia-tech-unveils-first-all-mooc-computer-science-degree,
http://www.bbc.co.uk/news/technology-22891283,
http://www.elearningguild.com/publications/index.cfm?id=29&from=home&utm_campaign=ebookolf105&utm_medium=email&utm_source=elrnindli,
http://www.ted.com/talks/ken_robinson_how_to_escape_education_s_death_valley.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Khan Academyllä on neljä tuhatta luentoa verkossa ja miljoonia päivittäisiä käyttäjiä. Khanin mallin mukaan luennot kuunnellaan kotitehtävänä ja harjoitukset tehdään tietokoneella koulussa. Suomessa Otavan Opiston verkkokursseja suorittavia lukiolaisia on tuhansia vuosittain.

Google Glass on yksilöllisen osaamisen siirron edistyksellinen väline. Virtuaalilasien avulla käyttäjän avustaja näkee käyttäjän edessä olevat asiat ja voi valvoa ja opastaa tehtävissä. Lasien avulla käyttäjä myös näkee ympäristön tiedot tietokoneavusteisesti.

Sovellusalueita: Opetus, oppiminen, osaamisen siirto.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, **1.4**, **1.5**, **1.6**, **1.7**, **1.8**, **1.9**, **1.10**, 1.12, 1.14, **1,15**, **1.16**, 1.17, **1.18**, **1.19**, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista vähän, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, mm. suomalaisen koululaitoksen hyvä maine, 3.1.16 mobiili tietotekniikka

2.13 Vapaasti organisoituva etätyö ja netissä muodostuvat organisaatiot ****

Ingressi: Internetin kautta syntyy monenlaisia tapoja yhteistyön organisoinniksi ja työsuoritteiden myymiseksi. Etätyö on aiemmin soveltunut tehtäviin, joiden suorite on aineeton, mutta kauko-ohjattavien laitteiden sekä muiden etäläsnäolon tekniikoiden avulla etätyöllä voi olla myös fyysinen ulottuvuus. Vapaa organisoituminen mahdollistaa luottamuspääoman syntymisen ja työn tekemisen ilman, että työn organisoija tai maksaja tuntee tekijää, tai edes tämän sijaintipaikkaa, vain tuloksella ja vertaisarvioilla on merkitys. Tällaisen työn ja palveluiden vaihdon organisointi perinteisistä organisoitumisen tavoista riippumatta ohittaa helposti valtioiden rajat, viranomaiset ja perinteiset rahoitus- ja päätöksentekomekanismit sekä vastuukysymykset, mutta samalla ne saattavat tarjota hyvin

alhaiset transaktiokustannukset, merkittävän parannuksen resurssien tasa-arvoon ja palveluiden saatavuuteen. Linuxin synty on parhaiten tunnettuja esimerkkejä näiden uusien organisoitusmismuotojen eduista.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.howstuffworks.com/how-to-tech/5-ways-to-make-money-on-internet.htm#page=0 , http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2212883, http://www.aikapankit.fi/

Kehityksen kärki tai kärjet: eBay ja muut nettihuutokaupat, Shapeways, aikapankit.

Sovellusalueita: Kaikki mitattavissa olevat työsuoritteet, jotka voidaan suorittaa, tilata tai toimittaa internetin kautta, tai joissa tilaamiseen tarvittava luottamuspääoma syntyy vertaisarvioinnin kautta internetissä.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, **1.3**,**1.4**, **1.5**, **1.6**, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.10, 1.12, 1.14, **1.15**, **1.16**, **1.17**, **1.18**, **1.19**, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka

2.14 Ihmisten tunnistus (dna, kamera) ***

Ingressi: Facebookin, Googlen ja muiden sosiaalisten verkkojen ryhdyttyä julkaisemaan käyttäjiensä kasvokuvia ja tarjottua mahdollisuutta nimetä tuttujensa kasvoja verkkoon tallentamistaan kuvista, lienee verkossa hakukoneiden saatavilla jo useimpien kehittyneissä maissa asuvien ihmisten kasvokuvat nimettyinä. Kun kasvoista saadaan 3D-kuva, helpottuu kasvojen automaattinen tunnistus huomattavasti. Geenien koodauksen helpottuessa voidaan ihmisen kasvukuva piirtää myös perimästä saatavan tiedon perusteella, joskin rasvakudoksen määrä ja ikä jouduttaneen analysoimaan kudosnäytteestä muutoin ja hiukset sekä asusteet jäävät muun tiedon varaan. Näyttää silti mahdolliselta, että tulevaisuudessa alypuhelimen kaltainen arkinen laite voisi tunnistaa kenet tahansa vähäisestä solunäytteestä tai kasvokuvasta.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://findbiometrics.com/human-recognition-systems-receives-second-award-in-two-week-span-with-aoa-best-innovator-award/, http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-05/7/artist-dna-portraits, http://www.theguardian.com/technology/2013/aug/29/facebook-profile-photos-facial-recognition

Kehityksen kärki tai kärjet: Lentokenttien kasvojentunnistusjärjestelmät, rikoslaboratorioiden kyky rekonstruoida kasvokuva perimän perusteella.

Sovellusalueita: Sosiaaliset verkot, turvallisuusala, viihde, kauppa ja palvelu.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, **1.4**, **1.6**, **1.7**, **1.8**, 1.9, **1.10**, 1.12, **1.15**, **1.16**, **1.17**, 1.18, 1.19, **1.20**

Osaamisperusta: Osaaminen vähäistä, markkinaläsnäolo olennainen alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka erityisesti kamerateknikka

2.15 Emootioiden projisointi ja automaattinen tunnistaminen ***

Ingressi: Hyvin monet tutkijaryhmät ovat kehitelleet robotteja, jotka kykenevät tuottamaan sellaisia kehon eleitä ja kasvojen ilmeitä, jotka tuntuisivat robottia katsovasta ihmisestä aidon inhimillisiltä tai ainakin tunnistettavilta tunteilta. Kasvojen ilmeistä ja eleistä pyritään myös tunnistamaan ihmisen tunnetiloja. Näiden avulla pyritään saamaan aikaan seurustelurobotteja, kuvapuhelinpalveluita, ihmisen tunteisiin reagoivia pelejä ja muita käyttäjän tunteita mittaavia käyttöliittymiä. Myös terapia tullee kuulumaan sovelluksiin. Ihminen tunnistaa jo verrattain vähäiset signaalit tunteiksi, joten tunteiden animointi ei ole yksinkertaisten sovellusten tasolla vaikeaa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:
http://www.ted.com/talks/david_hanson_robots_that_relate_to_you.html,
http://www.bbc.co.uk/news/magazine-17733455,
http://www.popsci.com/technology/article/2013-03/talking-head-could-let-you-send-texts-featuring-your-frustrated-face

Kehityksen kärki tai kärjet: Emootioita projisoivia robotteja ja animaatiohahmoja on jo käytössä mm. elokuvateollisuudessa ja parhaan emootioita tunnistavat algoritmit tunnistavat kulttuureista riippumattomat perusemootiot melko luotettavasti.

Sovellusalueita: Paremmat tietokoneiden käyttöliittymät, viihdeteollisuus, palvelurobotit, autistien apuvälineet, markkinointi.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, 1.6, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.10, 1.12, **1,15**, 1.16, **1.17**, 1.18, **1.19**

Osaamisperusta: Osaaminen vähäistä, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, 3.1.17 matkailu

2.16 Henkilökohtaisen elämän tallennus ja sisältöhaku ***

Ingressi: Mukana kantamamme elektroniset laitteet kykenevät pian tallentamaan kehomme ja ympäristömme tilan, äänet ja kuvat jatkuvana virtana. Kun näin tallennettu elämä organisoidaan henkilökohtaisen tunnetilan, sijaintipaikan, puhuttujen sanojen ja muiden samaan tilanteeseen liittyvien ihmisten ja esineiden avulla, saadaan kokonaisuudesta hyödyllinen elämän mittainen arkisto hyvin moneen tarkoitukseen. Hakujärjestelmät ja narratiivit nousevat avainasemaan näissä sovelluksissa, koska tietoa syntyy valtavasti. Kyky hakea halutut tapahtumat esiin tunnetilojen, paikkojen, hahmojen ja asioiden perusteella tulee tärkeäksi.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://memoto.com/, http://singularityhub.com/2013/02/10/recording-your-life-allowing-others-to-view-it-as-virtual-reality-world-lifelogging/, http://www.ucorder.com/IRDC260r-pocket-camcorder.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Edullinen noin 50 euron kaulassa riippuva kamera kykenee tallentamaan viiden tunnin mittaisen videon tai taajaan otettuja erilliskuvia huomattavasti tätä pidemmän ajan. Sisältöhaku avainsanojen mukaan äänitteistä on turvallisuusteknologiassa jatkuvassa käytössä.

Sovellusalueita: Muistioiden korvaaminen, kadonneiden tavaroiden etsintä, virtuaalituurismi, sosiaalinen media, työvaiheiden oppiminen ja tapahtumien, ihmisten, asioiden ja paikkojen mieliinpalauttaminen, poliisi- ja muu viranomaistoiminta, tutkimus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.3, **1.4**, 1.6, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.10, 1.12, **1.15**, **1.16**, 1.18, **1.19**, 1.20

Osaamisperusta: Osaaminen vähäistä, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti kameraosaaminen, 3.1.17 matkailu

2.17 Puheentunnistus ja simultaanitulkkaus ***

Ingressi: Puheentunnistus on pitkään kehitetty teknologia, joka alkaa vähitellen kypsyä tasolle, jossa kone tunnistaa harjaantumattoman, selkeästi puhuvan ihmisen puheen kohtuullisen luotettavasti. Kielenkääntösovellukset ovat nekin pitkän kehitystyön tulos ja

uusimmat, hyvin laajoihin tietoaineistoihin perustuvat käännösohjelmat tuottavat maailman pääkielten välillä ymmärrettäviä tuloksia, kun käännettävä teksti ei sisällä hienovaraisia tai poikkeavia ilmauksia. Yhdistelmänä teknologioita voidaan käyttää simultaanitulkkaukseen. Teknologian avulla asiansa saa selvitettyä vieraskieliselle ihmiselle jo luotettavammin kuin auttavalla tai tyydyttävällä vieraan kielen taidolla.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.youtube.com/watch?v=Nu-nlQqFCKg, http://www.nuance.com/for-business/by-solution/customer-service-solutions/solutions-services/inbound-solutions/loquendo-small-business-bundle/automated-speech-recognition/index.htm, http://imtranslator.net/translation/english/to-urdu/translation/

Kehityksen kärki tai kärjet: Microsoft demonstroi 2012 hyvin luotettavan tuntuisen vapaata englanninkielistä puhetta kiinaksi simultaanitulkittua puhetta tuottavan järjestelmän.

Sovellusalueita: Sosiaalinen media, turismi, kansainväliset kokoukset, viihde, etätyö, opiskelu, monikulttuuriset yhteisöt.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, **1.3**, **1.4**, **1.6**, **1.7**, **1.8**, **1.9**, **1.10**, **1.15**, 1.16, 1.17, 1.18, 1.19, **1.20**

Osaamisperusta: Osaaminen vähäistä, pääasiassa vain suomen kieleen kohdistuvaa osaamista, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.13 peliteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, 3.1.17 matkailu

2.18 Joukkorahoitus ja muu mikrorahoitus **

Ingressi: Joukkorahoitus on internetin palvelun muodossa organisoitu tapa kerätä rahoitus uusien tuotteiden kehitykseen, tuotannon käynnistämiseen tai muuhun hankkeeseen laajalta joukolta kehityksen tuloksista kiinnostuneita ihmisiä. Rahoitus voi olla vastikkeellinen tai vastikkeeton, ja kyse voi olla ennakkomaksusta tai lainasta. Monet joukkorahoitushankkeet ovat tuottaneet yli miljoonan euron summan toiminnan käynnistämiseen ja aiheet ovat vaihdelleet museohankkeista teknisiin laitteisiin, palveluihin ja sisältötuotantoon. Joukkorahoitus on myös kanava tuotteiden markkinoimiseksi ja ennakkomyymiseksi. Tyypillisesti tieto suosituista joukkorahoitushankkeista leviää sekä lehdistön että sosiaalisen median avulla.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/Crowd_funding, http://www.kickstarter.com/, http://www.kauppalehti.fi/omayritys/unifirman+joukkorahoitus+-+tavoite+tayteen+viikossa/201308484489

Kehityksen kärki tai kärjet:Suosituin joukkorahoituskanava on amerikkalainen Kickstarter, joka on elokuussa 2013 kerännyt hankkeilleen yhteensä 760 miljoonan dollarin rahoituksen 47 tuhannelle eri projektille lähes 5 miljoonalta ihmiseltä.

Sovellusalueita: Kehityshankkeiden rahoitus, markkinointi

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.4, 1.12, 1.13, 1.14, 1.15, **1.18**, **1.20**

Osaamisperusta: vähäinen

2.19 Avoin data ja Big data ****

Ingressi: Perinteinen tapa on ollut, että kukin organisaatio kerää tarvitsemansa tiedot omiin tietojärjestelmiinsä ja luovuttaa ne muille ainoastaan poikkeustapauksissa. Avoimen datan periaatteita noudattavat organisaatiot jakavat keräämänsä datan avointen, usein koneluettavien rajapintojen kautta kenen tahansa käytettäväksi ja muiden keräämään dataan yhdistettäväksi. Usein kyse on käyttäjien tietokantoihin tallentamasta datasta, jonka varastointi ja jakaminen rahoitetaan mainostuloin, mutta myös monet viranomaiset tukevat kehitystä kohti avointa julkista dataa. Avoimen datan määrän ja monipuolisuuden kasvaessa liittyy se yhä useammin "Big Data" -käsitteeseen. Jälkimmäisellä tarkoittetaan laajojen tietomassojen yhdistelyn ja algoritmisen käsittelyn tuottamaa tietoa ja sen tiedon avulla syntynyttä kykyä hahmottaa monimutkaisten asioiden trendejä ja kausaalisuhteita sekä poikkeamia.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://blog.ted.com/2013/02/09/ted-weekends-big-data-gets-personal-2/ , http://blogs.smithsonianmag.com/science/2013/04/google-search-terms-can-predict-the-stock-market/, http://newsroom.cisco.com/feature-content?articleId=1167305, http://www.technologyreview.com/featuredstory/513696/deep-learning/,

Kehityksen kärki tai kärjet: Laajin avoimen datan varasto on Googlen tietokannoissa, joskaan kaikki avoimen datan kannattajayhteisössä eivät katso yritysten tämänkaltaisten vapaastikaan saatavilla olevien tietojen täyttävät tiukimpia avoimen datan kriteereitä.

Tässä raportissa sovelletaan laajempaa määritystä ja tarkastellaan asiaa vaikuttavuuden kautta.

Sovellusalueita: Paikkatieto, lääketiede, kansantalous, kielenkääntö, ysitysstrategia, tulevaisuudentutkimus, kulttuuritutkimus, yms.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, **1.4**, **1.5**, **1.6**, **1.7**, **1.8**, 1.9, **1.10**, 1.11, **1.12**, **1.13**, **1.14**, **1.15**, 1.16, 1.17, **1.18**, 1.19, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto-osaaminen

2.20 Yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen ****

Ingressi: Verkossa pelattavissa strategiapeleissä pelaajat näkevät ympäristönsä tapahtumat sekä tekojensa seuraukset reaaliaikaisesti ja oppivat toinen toisiltaan. Pelien avulla tuotetaan yksilöllisiä motiiveja yhteistyön sujuvoittamiseksi. Yhteiset tavoitteet ja kunkin oman joukkueen pelaajan vaikutus näihin nähdään jatkuvasti. Toiminta on tyypillisesti itseorganisoitua ja joukkueen jäsenet näkevät helposti, mitä heidän kannattaa tehdä tai oppivat sen muilta nopeasti. Organisaatioissa ja koko yhteiskunnassa pelillistetyillä järjestelmillä voidaan saavuttaa hyvin suuria parannuksia sekä omatoimisessa oppimisessa, sosiaalisten tavoitteiden tunnistamisessa, yhteistyökyvyn synnyttämisessä, todellisten ongelmien ja ratkaisujen tunnistamisessa että tarpeettomien hierarkioiden purkamisessa. Näiden kaikkien alueella pelillisiä ja reaaliaikaisesti sopeutuvia, välitöntä palautetta kaikille itsenäisille toimijoille antavia järjestelmiä kehitetään, ja verkkopeleihin tottuneiden nuorten työelämään siirtymisen myötä tahdin uskotaan nopeutuvan.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.gamification.org/, http://en.wikipedia.org/wiki/Gamification, http://www.ted.com/talks/jane_mcgonigal_gaming_can_make_a_better_world.html, http://eprints.ru.ac.za/366/1/Rowntree%26FoxVietnam.pdf, https://www.superbetter.com/, http://www.ted.com/talks/jane_mcgonigal_the_game_that_can_give_you_10_extra_years_of_life.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Khan Academy on pelillistänyt oppimisen hyvin laajasti, Amazon on pelillistänyt lukija-arvostelut, Kickstarter on pelillistänyt mikrorahoituksen.

Sovellusalueita: Oppiminen, markkinointi, suunnittelu, crowdsourcing, omatoiminen terveydenhuolto, liikunta, logistiikka, yhteiskunnalliset ongelmat, johtaminen, koordinointi.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, **1.3**, **1.4**, 1.5, 1.6, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.12, 1.13, **1.15**, **1.17**, **1.18**, **1.19**, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen. 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka ja muu tietotekniikka

Käyttöliittymäteknologiat

Tähän ryhmään on kerätty ne radikaalit teknologiset ratkaisut, joiden toiminnallisuus liittyy merkittävältä osin ihmisen ja koneen vuorovaikutukseen.

2.21 Liikkeisiin perustuvat käytönohjaimet ***

Ingressi: Uusien käytönohjainten avulla tietokoneet aistivat meidän katseemme ja sijaintimme, eleemme ja asentomme sekä oman ympäristönsä. Voimme ohjata näillä sovelluksia ja laitteet voivat sekä sijoittaa meidät kuvaan että näyttää meille kuvan siten, että se elää näkökulmamme mukaan, eli voimme esimerkiksi katsoa nurkan taakse. Kolmiuloitteisten virtuaalisten esineiden muotoilu ja käsittely muuttuvat aiempaa helpommiksi. Myös virtuaalimaailmassa liikkuminen ja tietokonepelaaminen muuttuvat aiempaa liikunnallisemmaksi.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

https://www.leapmotion.com/, http://www.theverge.com/2013/3/6/4071162/kinect-fusion-3d-object-scanning-coming-in-future-kinect-for-windows, http://blog.ted.com/2008/04/11/wii_remote_hack/, https://www.thalmic.com/myo/

Kehityksen kärki tai kärjet: Kinect ja Lep motion edustavat kaupallisten tuotteiden kehittyneimpiä versioita. Kinect fusion kykenee tekemään ihmisestä reaaliajassa 3D-mallin, josta ihmisen ja hänen eleensä voi tunnistaa.

Sovellusalueita: 3D-käyttöliittymät, pelaaminen, 3D-mallinnus, robotiikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, **1.4**, **1.6**, **1.7**, 1.8, **1.9**, 1.10, 1.11, 1.12, 1.14, **1.15**, 1.16, **1.17**, 1.18, 1.19

Osaamisperusta: Osaaminen vähäistä, markkinaläsnäolo olennainen alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti kameraosaaminen

2.22 Laajennetun todellisuuden välineet ****

Ingressi: Laajennetun todellisuuden laseissa on tyypillisesti kamera ja projektori siten, että käyttäjän näkökenttä välittyy tietojärjestelmälle, joka voi projisoida käyttäjän näkökenttään kaksi- tai kolmiuloitteisia todellisuutta täydentäviä elementtejä paikkatiedon tai hahmontunnistuksen avulla. Laseissa voi myös olla tietoliikenneyhteys, GPS ja katselusuunnan tunnistus. Näköaistia laajentavat sovellukset voivat samalla tunnistaa ja merkitä tai liioitella kohteita, jolloin esimerkiksi mikroilmeet tai syke paljastuvat, vaikka ne eivät havaitsijalle normaalisti olisi ilmeisiä.Laajennettu todellisuus voi myös tarjota ääni- ja tuntoaistimuksia.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://bits.blogs.nytimes.com/2013/02/27/scientists-uncover-invisible-motion-in-video/ http://news.cnet.com/8301-1023_3-57578072-93/google-releases-full-google-glass-explainer-video/, http://www.slashgear.com/google-glass-specs-16gb-of-storage-5mp-camera-and-more-16277941/, http://www.augmentedaudio.com/, http://vismod.media.mit.edu/vismod/demos/kidsroom/kidsroom.html

Kehityksen kärki tai kärjet: kaupallistumisen alussa oleva Google Glass on edullisista massatuotteista kehittynein ja sille odotetaan laajaa sovellusvalikoimaa.

Sovellusalueita:Opetus ja etäopastus, turismi, paikkatiedot, sosiaalinen media, pelit, elämäntapakäyttöliittymä - jatkuva yhteys laajennettuun todellisuuteen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, **1.4**, **1.6**, **1.7**, **1.8**, **1.9**, **1.10**, 1.11, **1.12**, **1.14**, **1.15**, **1.16**, **1.17**, **1.18**, **1.19**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto 3.1.17 matkailu

2.23 Haptiset käyttöliittymät ****

Ingressi: Haptiset käyttöliittymät käyttävät tuntoaistia hyväkseen. Esimerkiksi peliohjaimet ovat jo pitkään tärisseet tai vastustaneet liikettä. Uusi teknologia mahdollistaa kosketusnäytöt, jotka sormi tunnistaa kovaksi, pehmeäksi, rosoiseksi, sileäksi jne. Esimerkiksi

pistekirjoitus haptisella näytöllä on näkövammaisen luettavissa. Tavoitteena on teknologia, jossa esimerkiksi kankaan tuntua voi kokeilla näytöltä ennen vaatteen tilaamista sähköisestä kaupasta. Haptiset laitteet voivat ohjata ihmisen liikkeitä, välittää läheisyyden tunnetta, antaa palautetta virtuaaliympäristössä, välittää etäohjatun robotin aisteja ja osallistua ihmisen ja koneen välittämän ympäristön vuorovaikutukseen monin tavoin.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2249504/IBM-reveals-vision-future-technology.html, http://senseg.fi/, http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31901/Peltola_Miikka.pdf?sequence=1, http://www.core77.com/blog/materials/from_the_holy_cow_department_disney_uses_bursts_of_air_to_create_virtual_haptic_feedback_25361.asp, http://www.disneyresearch.com/project/surround-haptics-immersive-tactile-experiences/

Kehityksen kärki tai kärjet: Senseg käyttää haptisissa näyttölaitteissa staattista sähkökenttää ja sen modifiointia tuntoaistin ohjaamiseen, Disney kehittää ilman värähtelyyn perustuvaa tuntoaistimusta.

Sovellusalueita: Kosketusnäytöt, kehon tilan tunnistimet, liikuntavälineet, pelit, robottien kauko-ohjaimet.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, **1.4**, **1.6**, **1.7**, **1.9**, 1.10, 1.11, **1.12**, **1.14**, **1.15**, 1.16,1.17, 1.18,**1.19**, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, 3.1.9 lääketieteelliset instrumentit

2.24 Suuret kosketusnäytöt ***

Ingressi: Näyttölaitteiden koko kasvaa useiden eri teknologioiden avulla. Suurten näyttöjen etuna on, että esimerkiksi ihmiset kyetään esittämään niissä luonnollisen kokoisina ja ne voivat täyttää ihmisen koko näkökentän ja kokonaiskuva sekä näkemisen tarkka alue ovat käytössä ja ihmiset voivat luonnollisella tavalla osoittaa näytöllä olevia asioita toisilleen. Kosketusnäytön etuna on intuitiivinen, luonnollinen käyttöliittymä. Suuriin näyttöihin kosketusnäytön vastineen voi toteuttaa liiketunnistimen avulla, jolloin näyttöä ei tarvitse fyysisesti koskea. Edullisin keino toteuttaa tällainen suuri "kosketusnäyttö" on liiketunnistimen ja dataprojektorin avulla.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.touchboards.com/samsung/Samsung650TS.html, http://www.multitaction.com/, https://machineslikeus.com/news/researchers-reach-ultimate-carbon-nanotube-goal, http://multitouch.com/product_plus.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Suurten kosketusnäyttöjen kärkeä edustaa Samsungin 650TS 65" LCD näyttö. Yhdistämällä näitä näyttöjä voidaan muodostaa laajoja kuvapintoja etäältä tapahtuvaan vuorovaikutukseen. Läpimurto nanoputkien sähköisten ominaisuuksien hallinnassa voi tehdä tällaiset sovellukset ratkaisevasti taloudellisemmiksi.

Sovellutusalueita: Kaikenlainen aktiivinen etävuorovaikutus

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, **1.4**, 1.6, **1.7**, **1.8**, 1.9, **1.11**, **1.15**, 1.16, **1.17**, 1.18, **1.19**

Osaamisperusta: Osaamista on nanoputkiin perustuvissa näyttölaitteissa, markkinalläsnäolo vähäinen.

2.25 Digitaalipeili **

Ingressi: Digitaalipeili yhdistää 3D-kameran tai muun 3D-mittalaitteen suureen näyttölaitteeseen. Digitaalipeili kuvaa edessään olevan kohteen, tyypillisesti ihmisen ja näyttää tämän peilikuvan tai muutoin käsitellyn kuvan ruudulla. Toistaiseksi suosituimmat digitaalipeilin sovellukset ovat käytössä kauppaliikkeissä, joissa digitaalipeili voi ottaa asiakkaan mitat ja esittää tämän uusissa vaatteissa, uudet silmälasit tai kampaus päässä tai esimerkiksi selkäpuolelta. Digitaalipeili mahdollistaa räätälöitävien tai varastosta tilattavien varusteiden virtuaalisen kokeilemisen, jolloin pienessäkin myymälässä voi olla hyvin laaja virtuaalivalikoima. Digitaalipeilin kyky mitata kohteensa tarkasti ja kokeilla ennen valmistamista tukee yksilöllistä valmistusta.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.youtube.com/watch?v=35pRdcjTaTY, http://www.youtube.com/watch?v=oLBPhh01yiY, http://www.magicmirror.me/Features

Kehityksen kärki tai kärjet: Magic Mirror on yksi tämän hetken kehittyneimmistä tuotteista ja se on asennettu useisiin muotiliikkeisiin eri maissa. Ominaisuudet ovat vielä rajalliset.

Sovellusalueita: Vaatetusliikkeet ja muu henkilökohtaisten varusteiden kauppa, asusteteollisuus, kauneushoitolat, valmennus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, **1.4**, 1.6, 1.7, 1.8, **1.15**, **1.17**, **1.19**

Osaamisperusta: Vähäinen

2.26 Suora ohjaus ajatuksilla **

Ingressi: Magneettikuvaus on vaatinut suuria koneita, mutta teknologia on muuttumassa kevyemmäksi. Esimerkiksi grafeenin magnetisointi ja kyky mitata magneettikenttiä on erittäin lupaava. Myös EEG-teknologialla voidaan mitata aivojen toimintaa yhä tarkemmin ja kätevämmin. Aiemmin oltiin sitä mieltä, että ihmisten aivojen rakenne vaihtelee yksilöittäin hyvin olennaisesti. Viimeaikainen havainto on, että poimuttuminen on hyvin yksilöllistä, mutta poimuttuminen voidaan avata digitaalisesti ja sen jälkeen aivojen yksilölliset erot ovat olennaisesti vähäisemmät. Teknologian avulla on jo nyt mahdollista tottumattoman maallikon oppia antamaan tietokoneelle tai robotille moninaisia komentoja ja kehitysmahdollisuudet ovat lupaavat sekä aivotoiminnan mittaamisen, aivojen ymmärtämisen että ohjausalgoritmien osalta.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.ted.com/talks/tan_le_a_headset_that_reads_your_brainwaves.html, http://www.emotiv.com/, http://rt.com/news/read-brain-scan-letters-919/, http://www.nbcnews.com/science/mind-meld-scientist-uses-his-brain-control-another-guys-finger-8C11015078

Kehityksen kärki tai kärjet: Emotiv markkinoi muutaman sadan euron hintaista EEG-laitetta ja siihen liittyvää järjestelmätason ohjelmistoa, jonka avulla useita eri sovelluksia voi ohjata ajatuksilla ja aivotoimintaa mitata.

Sovellusalueita: Toimintaympäristön ohjaaminen ajatuksilla, ajatusten seuraaminen ja harjaannuttaminen, käyttöliittymätutkimus, viihde, markkinatutkimus, pelit, säveltäminen ja muu taide, rikollisuus, poliisitutkimukset.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.4, **1.6**, 1.7, **1.8**, **1.9**, 1.10, **1.12**, **1.15**, 1.16, 1.17, 1.18, **1.19**, 1.20

Osaamisperusta: Vähäinen

2.27 Nanohiilet joustavan näyttölaitteen pintana, valaisimena **

Ingressi: Hiilinanoputkien ja grafeenin avulla valmistetut valaisevat pinnat ovat taipuisia ja valmistustekniikan kehittyessä niistä voi tulla hyvin edullisia, koska niissä ei tarvita

arvokkaita raaka-aineita. Pintoja uskotaan voitavan käyttää sekä valaisimina että näyttölaitteina. Laajat näyttölaitepinnat ja laajat valaisevat pinnat avaavat arkkitehtuuriin paljon uusia mahdollisuuksia. Laajat ja taipuisat näyttöpinnat tarjoavat robotiikkaan, vakoilulaitteisiin, peleihin ja muuhun viihteeseen, taiteisiin ja etäläsnäoloon sekä virtuaalitodellisuussovelluksiin runsaasti mahdollisuuksia.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn3026172?journalCode=ancac3;
http://www.bbc.co.uk/news/technology-13886438,
http://www.youtube.com/watch?v=3sAc4nqAbOs, l,
http://www.extremetech.com/extreme/142086-new-plastic-light-bulbs-are-cheap-bright-shatterproof-and-flicker-free

Kehityksen kärki tai kärjet: Hiilinanoputkilla on valmistettu erittäin tehokkaita ja kestäviä valaisimia sekä läpinäkyviä ja taipuisia mm. rullalle käärittävissä olevia näyttöjä, jotka korvaavat kalliista maametallista indiumista valmistettuja näyttöjä. Ensimmäisiä lupaavia tuloksia on saatu myös grafeenin käytöstä tällaisiin tarkoituksiin.

Sovelluksia: Edulliset ja vähän luonnonvaroja käyttävät erilaisten elektronisten laitteiden näytöt, pintavaikutelmaltaan muuttuvat laitteet ja pinnat sekä valaisulaitteet ja arkkitehtuuriset pinnat.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus suuri, optiikka ja nanokuidut aktiivisen tutkimuksen kohteina

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.6**, 1.7, 1.10, 1.11, **1.12**, 1.14, **1.15**, 1.17

Osaamisperusta: Osaamista on. Suomessa kehitetty nanoputkiin ja nanonuppuihin perustuva varteenotettava vaihtoehto indiumiin perustuville näytöille (Canatu Oy). Markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, 3.1.9 lääketieteelliset instrumentit.

Algoritmit ja tietotekniikka

Tähän on kerätty radikaalit teknologiset ratkaisut, joissa on kyse lähinnä tietoteknisistä algoritmeista ja tavasta käyttää tietotekniikkaa, jolla on radikaaleja vaikutuksia tietojärjestelmäarkkitehtuureihin tai sovelluksiin.

2.28 Pilvilaskenta, massiivinen keskitetty data ja prosessointiteho ****

Ingressi: Merkittävät tietotekniikkatoimijat ovat investoineet runsaasti massiivisiin prosessointitehoa ja tallennuskapasiteettia vuokraaviin palvelinkeskuksiin. Asiakas maksaa palvelusta käyttämänsä kapasiteetin mukaan. Tämä mahdollistaa asiakkaalle hetkittäin hyvinkin vaihtelevan kuormituksen tuottavien palveluiden käynnistämisen tehokkaasti ja sitomatta niihin itse suurta pääomaa. Palvelut ovat myös samalla tehokkaiden tietoliikenneyhteyksien äärellä, varmatoimisina ja ylläpidettyinä. Suuren hetkellisen prosessointitehon sijoittaminen suurten tietovarastojen yhteyteen mahdollistaa samalla lyhyen vasteajan moniin hakutehtäviin ja hahmontunnistustehtäviin, joissa prosessointitehon ja tietovaraston yhteistoiminnan on oltava nopeaa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://stackoverflow.com/questions/9723040/what-is-the-difference-between-cloud-grid-and-cluster; https://cloud.google.com/products/compute-engine, http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing

Missä kärki kulkee: Monien suurten toimijoiden kuten IBM:n, Microsoftin ja Googlen tarjoamat laskentapalvelut

Sovellutukset: Mahdollisuudet ilman laitteiden hankintaa tehokkaaseen laskentaan ja nopeaan suureen tietovarastoon internetin runkoverkon äärellä ilmaiseksi tai korvausta vastaan. Palveluntarjoajat ja ajoittaisen laskentatehon tarvitsijat.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, **1.3**, **1.4**, 1.5, 1.6, **1.7**, **1.8**, 1.9, **1.10**, 1.11, 1.12, 1.13, **1.15**, **1.16**, 1.17, **1.18**, **1.19**, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 yleinen tietotekniikkaosaaminen

2.29 Grid computing, käsittelykapasiteetin hajautus ***

Ingressi: Internetiä käyttää 2013 maailmassa 2.4 miljardia ihmistä, joista valtaosa henkilökohtaisilla koneillaan. Erilaisia verkkoon kytkettyjä tietokoneita ja älypuhelimia on yhteensä useita miljardeja. Näiden koneiden laskentateho on vain harvoin käytössä. Käyttäjät voivat tietoverkon kautta jakaa omistamaansa laskentatehoa muiden käyttöön. Tällainen hajautettu käsittely soveltuu erityisesti sellaista massiivista laskentatehoa vaativiin sovelluksiin, joissa laskentatehtävä voidaan helposti hajauttaa ja tarvittava data lähettää verkon yli kuhunkin laskentaan osallistuvaan koneeseen. Vapaaehtoisen laskentatehon jakamisen lisäksi tehoa myös varastetaan virusten avulla yleisesti. Laajimmissa rikollisesti

käyttöönotetuissa verkoissa on ollut useita miljoonia tietokoneita. Tämä on useista syistä merkittävä uhka tietoverkkojen turvallisuudelle.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://stackoverflow.com/questions/9723040/what-is-the-difference-between-cloud-grid-and-cluster; http://www.csc.fi/tutkimus/Laskentapalvelut/gridymparisto/mgrid/index_html; http://en.wikipedia.org/wiki/Grid_computing, http://en.wikipedia.org/wiki/Botnet, http://en.wikipedia.org/wiki/BOINC

Missä kärki kulkee: Rikollisessa mielessä käyttöön hankittu suurin tiedossa oleva BredoLabin verkko koostui enimmillään kolmestakymmenestä miljoonasta tietokoneesta. Monet vastaavat botnet-verkot ovat kyenneet lähettämään useita miljardeja haittaviestejä päivittäin ja joitakin on käytetty pankkitunnusten murtamiseen. Berkleyn BOINC on monissa laajoissa vapaaehtoisissa ja maksullisuuteen perustuvissa GRID-projekteissa käytetty järjestelmä. Se sai alkunsa NASAn käynnistämästä vapaaehtoisuuteen perustuvasta grid-hankkeesta, johon osallistui viisi miljoonaa käyttäjää ja näiltä vapaaehtoisesti saatu samanaikainen laskentateho 2013 oli 668 TeraFlopsia, joka vastaa Suomen suurimman superkoneen tehoa.

Sovellusalueita: mahdollisuudet ilman superkoneiden hankintaa tehokkaaseen laskentaan ilmaiseksi tai korvausta vastaan.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.4, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.12, 1.15, 1.16, 1.18, 1.19, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on tietoturvanäkökulman kautta, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 yleinen tietotekniikkaosaaminen

2.30 Hahmontunnistus ja hahmojen hakupalvelut ***

Ingressi: Visuaalisten hahmojen tunnistus kasvaa algoritmien parantuessa, datan määrän lisääntyessä, käsittelykapasiteetin kasvaessa. Ihmisen biometrinen tunnistus, rekisterilaattojen tunnistus, maiseman tunnistus, esineiden tunnistus, molekyylien muotoon perustuva tunnistus etenevät kaikki. Halvat taskukamerat tunnistavat ihmisten kasvot ja hymyn. Kuva-arkistot tunnistavat tutut ihmiset. 3D-kamerat ja hahmojen 3D-kuvat muuttavat tunnistuksen aiempaa helpommaksi, koska 2D-kuva on eri katselusuunnista erilainen ja osa informaatiosta on kadonnut, jolloin verrattavuus ei ole hyvä. Mitä suurempi määrä erilaisten hahmojen kuvia ja 3D-malleja tallennetaan tietoverkon pilvipalveluihin avoimeksi dataksi, sitä helpompi on ympäristössä kohdattavia esineitä, materiaaleja ja ihmisiä tunnistaa. Robotisaation ja laajennetun todellisuuden välineiden yleistyessä tämä kyky muuttuu yhä tärkeämmäksi sekä erikoisaloilla että arjessa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/Pattern_recognition, http://www.google.com/insidesearch/features/images/searchbyimage.html, http://www-users.cs.york.ac.uk/~nep/research/3Dface/tomh/

Kehityksen kärki tai kärjet: Arjen sovelluksena Googlen Picasan kyky yksilöidä ihminen tämän kasvoista on kiinnostava, joskin pääosin vielä tutkimustasolla oleva 3D-tunnistus on huomattavasti tarkempi. Siinä massamarkkinoiden kehityksen kärjessä on Microsoftin Kinect Fusion -ohjelmisto.

Sovellusalueita: Pelit, turvateknologia, sotilasteknologia, robotiikka, huolto ja ylläpito, sosiaalinen media, esineiden, ihmisten, eläinten, kasvien, rakenteiden, materiaalien ja kuvien tunnistus yleensä.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, **1.3**, 1.4, 1.6, **1.7**, 1.8, 1.9, **1.10**, 1.14, **1.15**, **1.16**, 1.17, 1.18, 1.19, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto 3.1.17matkailu, 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit

2.31 Kappaleiden helppo 3D-kuvantaminen ***

Ingressi: Kehitteillä on runsaasti edullisia laitteita, joiden avulla esineistä, ihmisistä ja muista objekteista voidaan tuottaa 3D-malleja. Perinteisesti nämä ovat insinöörimaailmassa perustuneet laser-keilaukseen ja lääketieteessä ultra-äänen, röntgensäteiden tai magneettikuvauksen käyttöön. Sekä laitteet että niihin liittyvät ohjelmistot ovat olleet hyvin arvokkaita ja niiden käyttö on vaatinut erikoisosaamista. Kappaleiden ulkopinnan 3D-kuvantaminen on 3D-tulostuksen ja 3D-pelaamisen sekä 3D-elokuvien yleistymisen myötä siirtymässä massamarkkinoiden puolelle, ratkaisut ovat tulossa hyvin edullisiksi ja 3D-malleja olemassaolevan ympäristön muodoista on alkanut syntyä tietoverkkoihin kiihtyvään tahtiin. Lähitulevaisuudessa on todennäköistä, että älypuhelimen ja pilvipalvelun avulla saa tuotettua tyydyttävän 3D-mallin mistä tahansa esineestä, ja muutaman sadan euron hintaisten mikroaaltouunien näköisten laitteiden avulla 3D-mallit ovat 0.1mm tarkkuudella alkuperäisen kaltaisia. Terahertsiaaltoihin siirryttäessä laitteet kykenevät mittaamaan myös piiloon jääviä muotoja ja saavuttamaan lähes kaikkiin tarkoituksiin riittävän tarkkuuden.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://arstechnica.com/business/2013/04/new-443-3d-scanner-on-sale-looks-awesome-shoots-lasers/, http://www.matterform.net/, http://live.wsj.com/video/the-3d-scanner-that-puts-you-in-a-video-game/21674841-C6A5-49AF-BAD2-B7395558B9AA.html#!21674841-C6A5-49AF-BAD2-B7395558B9AA

Kehityksen kärki tai kärjet: Museot tekevät esineistöstään 3D-malleja, jotta niistä voisi tuottaa 3D-tulostettuja kopioita, laitteet ovat suurikokoisia ja erittäin tarkkoja. Esimerkki massamarkkinoille suunnatusta edullisesta ja helppokäyttöisestä laitteesta on alle 500 euron hintainen Matterform. Elokuva- ja pelistudiot mallintavat hyvin tarkasti näyttelijöitä kaikkine ilmeineen ja käyttävät malleja sekä peleissä että elokuvissa jo rutiininomaisesti. Uusin lupaus on käyttäjän itsensä näköishahmon sijoittaminen peleihin.

Sovellusalueita:Huolto ja ylläpito, pelit, tavaroiden jäljentäminen, esineiden tunnistus, kehon tai esineiden muotoon sopivien osien tekeminen, mittaus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.3, 1.4, 1.6, 1.7, 1.9, 1.11, 1.12, 1.15, 1.16, 1.18, 1.20

Osaamisperusta: Vähäinen

2.32 Ympäristön reaaliaikainen 3D-mallinnus ****

Ingressi: Kartoittajat ovat tehneet ympäristöstämme 3D-mallin. Laboratorio-olosuhteissa nelikopterit kykenevät jo mallintamaan sisätilat. Uudet 3D-kamerat ja laserkeilaimet, kehittyvät algoritmit ja kasvava prosessointiteho tekevät mahdolliseksi tuottaa ympäristön 3D-mallin reaaliaikaisesti. Tämä kyky on olennainen robottien liikkuessa autonomisesti ympäristössään, jotta ne tunnistaisivat sijaintinsa ympäristössä ja lisäksi ympäristössä liikkuvat muut objektit sekä muutokset aiempaan malliin. Koneiden kyky liikkua luonnollisessa ympäristössä ja tunnistaa sen objekteja avaa hyvin runsaan joukon sovellusmahdollisuuksia.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.youtube.com/watch?v=bRgEdqDiOuQ,
http://www.cds.caltech.edu/~yhhuang/lectures/icra2012_ws.pdf,
http://www.araa.asn.au/acra/acra2010/papers/pap151s1-file1.pdf

Kehityksen kärki tai kärjet: Massatuotteiden tasolla Kinect Fusion on kytketty robotiikkaan ja reaaliaikaiseen 3D-kartoitukseen. Googlen kuljettajaton auto laatii ympäristöstä reaaliaikaisesti dynaamista mallia.

Sovellusalueita: Robotiikka yleensä, liikenne, teollisuus, kauppa, palvelut, viihde, koulutus, turvallisuus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: **1.1**, **1.2**, 1.3, **1.4**, **1.6**, 1.7, 1.9, 1.10, 1.12, **1.14**, **1.15**, **1.16**, **1.17**, 1.18, 1.19, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto 3.1.17 matkailu

2.33 Itseorganisoituva virtuaalimaailma verkon 3D-datasta *

Ingressi: Kamerat tai kuvaajat lisäävät sijaintitiedon verkkoon lataamiinsa valokuviin yhä useammin. Hahmontunnistuksen avulla samoista paikoista otetut kuvat voidaan yhdistää toisiinsa ja luoda verkossa olevista kuvista automaattisesti hyvinkin yksityiskohtaisia kolmiuloitteisia malleja. Pysyvät ja muuttuvat rakenteet erottuvat riittävässä määrässä kuvia, kuten myös ajan myötä tapahtuva muutos. Kuvien ja käsittelykapasiteetin lisääntyessä ja algoritmien parantuessa syntyy verkkoon yhä täydellisempi kolmiuloitteinen malli maailmasta.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.ted.com/talks/stephen_lawler_tours_microsoft_virtual_earth.html , http://archive.org/details/BlaiseAguerayArcas_2007

Kehityksen kärki tai kärjet: Microsoftin Virtual Earth -hanke on algoritmisesti pisimmällä ja Google etenee nopeimmin kokonaisuuden kuvaamisessa globaalitasolla yhtenäisessä muodossa.

Sovellusalueita: Yksityiskohtaisen 3D-mallin tekeminen maailmasta. Turismi, sosiaalinen media, virtuaaliturismi, tiedustelu, palvelut, liikenne, robotiikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.6, **1.7**, **1.10**, 1.12, **1.15**, **1.16**, **1.18**, 1.19, 1.20

Osaamisperusta: markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto 3.1.17matkailu

2.34 Itseorganisoituva data **

Ingressi: Itseorganisoituva data viittaa algoritmisiin menetelmiin, joissa erilaisia tietojoukkoja organisoidaan niissä itsessään hahmottuvien rakenteiden avulla ilman perinteistä tietojenkäsittelyyn liittyvää valmista käsiterakennetta, joka määräisi tietojoukon elementtien keskinäiset ryhmittelyt ja suhteet. Eräs itseorganisoituvan datan merkittävistä pioneereista on Teuvo Kohonen. Evolutiiviset algoritmit ja monet muut Kohosen SOM-metodista poikkeavat lähestymistavat kuuluvat tähän joukkoon. Avoimen datan ja big-data -konseptien kasvattaessa suosiotaan, tiedon määrä ja yllättävien yhdistelmien tai poikkeamien havainnointi muuttuu yhä hankalammaksi perinteisin metodein ja itseorganisoituvan datan metodit valtaavat alaa. Menetelmät vaativat käyttäjiltään uusia asenteita, koska ne vastaavat usein kysymyksiin, joita ei ole ymmärretty esittää.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/Self-organization

Kehityksen kärki tai kärjet: Sisältöpohjaisen tiedontalletuksen ja haun menetelmät ja välineet, kuten Google Cloud Storage, WEBSOM, PicSOM.

Sovellusalueita: Väärinkäytösten valvonta, uusien trendien ja poikkeamien havaitseminen, käsitteellisten muutosten mallintaminen, hahmontunnistus, kielenkääntäminen, tiedonhaku ja arkistointi, kulttuuritutkimus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.4, 1.5, **1.6**, **1.7**, 1.8, 1.9, **1.10**, 1.11, 1.12, **1.15**, **1.16,** 1.18

Osaamisperusta: Osaamista on, Suomessa erityisesti professori Kohosen tutkijaryhmä Aalto-yliopistossa on kehittänyt korkeatasoisia sovelluksia.

2.35 Uudet nopeat ja tiheät muistimateriaalit **

Ingressi: Elektronisten laitteiden suurikapasiteettiset muistit ovat nykyisin joko hitaita, joka näkyy nykyisten tietokoneiden hitaina latausaikoina, tai runsaasti virtaa kuluttavia, joka näkyy laitteiden lämpenemisenä ja lyhyenä akun kestona. Tietokoneet käyttävät globaalisti jo merkittävän osan maapallon sähköntuotannosta. Mikäli spintronics -tyyppiset tai muut ratkaisut poistavat eron pysyvän muistin ja työmuistin välistä tehden kaikesta muistista nopeaa ja vain vähän virtaa kuluttavaa, muuttaa tämä sekä ohjelmistoarkkitehtuureja että laitearkkitehtuureja huomattavasti nykyistä yksinkertaisemmiksi ja laajentaa laitteiden käyttöalueita.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.gizmag.com/racetrack-memory-faster-than-hard-drives/16952/; http://www.nantero.com/, http://www.orc.soton.ac.uk/fileadmin/downloads/5D_Data_Storage_by_Ultrafast_Laser_Nanostructuring_in_Glass.pdf, http://phys.org/news/2013-06-magnetic-clouds-graphene.html

Missä kärki kulkee: Kehitteillä on useita nanotekniikkaan perustuvia muistiratkaisuja. IBM:ssa kehitetyn Racetrack-muistin väitetään olevan nykyisiä kovalevyjä 100 000 kertaa nopeamman ja kuluttavan sähköä 0,3 % niiden vaatimasta sähköstä. Nantero on nopeiden pienivirtaisten muistien osalta jo prototyyppivaiheessa.

Sovellusalueita: Kaikenlaiset tietoa käsittelevät laitteet

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.4, **1.7**, 1.8, **1.9**, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, **1.15**, 1.16, 1.18, 1.19

Osaamisperusta: Osaaminen vähäistä, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.16 tietotekniikka, 3.1.9 lääketieteelliset instrumentit

2.36 Aivojen simulointi, kartoitus ***

Ingressi: Aivojen toimintaa kyetään yhä paremmin kartoittamaan. Aivot ovat erittäin tehokas ja suorituskykyynsä nähden vähän tehoa kuluttava rakenne. Aivojen mallinnus ja simulointi auttavat toisaalta kehittämään tietokoneisiin kykyjä aivojen tapaan rinnakkaislaskentaan ja laajojen kokonaisuuksien nopeaan hahmottamiseen ja toisaalta ymmärtämään ihmisen aivojen toimintahäiriöitä, oppimista ja kykyjen rajoituksia. Ongelmat ovat erilaisia, mutta näyttää siltä, että ne ainakin osittain ratkeavat saman työn kautta. Työtä tehdään monella eri tasolla, mallintaen hermoston yksinkertaisia toimintamekanismeja esimerkiksi mehiläisten tasolla ja toisaalta ihmisen aivotoimintojen kartoitusta ja geneettistä perustaa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.guardian.co.uk/science/2012/sep/19/scientists-create-atlas-of-human-brain?newsfeed=true, http://www.technologyreview.com/featuredstory/513696/deep-learning/, https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=gQ3HEVelBFY#at=275, http://www.humanbrainproject.eu/fet_flagship_programme.html, http://www.scienceworldreport.com/articles/8326/20130723/new-microchips-mimic-brains-information-processing-real-time.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: IBM on kehittänyt uutta tietojärjestelmäarkkitehtuuria aivojen mallin mukaisesti. Allen Institute on laatinut kartan aivoalueiden geneettisestä perustasta. EU:n rahoittama Human Brain -projekti saavutti vastikään miljardin euron arvioidun kokonaisrahoituksen seuraavalle kymmenelle vuodelle. Zurichin yliopiston tutkijat ovat kehittäneet 128 neuronin ja 5120 synapsin mikropiirin, joka matkii aivojen rakennetta hermoverkkotasolla reaaliajassa käyttämättä aivoja enempää energiaa.

Sovellusalueita: Koneoppiminen, hahmontunnistus, nykyistä tehokkaammat tietokoneet, ihmiset toiminnan parempi ymmärrys.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, 1.4, 1.6, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.10, 1.11, 1.12, **1.15**, 1.16, 1.18, 1.19

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo vähäinen

2.37 Kvanttitietokoneet *

Ingressi: Perinteinen tietokone on peräkkäisesti algoritminen ja monet rinnakkaislaskennan tehtävät ja moniulotteiset optimointitehtävät ovat niille hankalia. Kvanttitason ilmiöihin perustuvat kvanttitietokoneet ovat monissa tämänkaltaisissa tehtävissä radikaalisti tehokkaampia, jos algoritmit on niille sovitettu. Kvanttitietokoneita opitaan vasta tekemään, mutta ensimmäiset kaupalliset kvanttitietokoneet on toimitettu asiakkaille, ja kehityksen odotetaan etenevän perustutkimuksen raportoidessa jatkuvasti uusia ratkaisumalleja tunnettuihin ongelmiin. Kvanttitietokoneiden yleistyminen johtaisi monien nyt hankalien tehtävien helpottumiseen useilla kertaluokilla ja tarpeeseen kehittää uusia kvanttitietokoneille sopivia algoritmeja.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://singularityhub.com/2013/06/05/google-buys-quantum-computer-for-artificial-intelligence-lab-at-nasa/ , http://www.scienceworldreport.com/articles/7901/20130702/d-wave-processor-actually-employ-quantum-mechanics-annealing.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: D-Wave on myynyt kaksi 512 qubitin kvanttitietokonetta, toisen Lockheed Martinille ja toisen Googlelle käytettäväksi Googlen ja Nasan yhteisessä tutkimuslaboratoriossa. Valmistajan mukaan kone on nyt joissakin tehtävissä jopa 50 tuhatta kertaa tavallista PC-tietokonetta nopeampi.

Sovellusalueita: Salakirjoitus, optimointi, rinnakkaislaskenta.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.4, 1.6, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, **1.16**

Osaamisperusta: Vähäinen

Mittaaminen ja kuvantaminen

Tähän ryhmään on koottu radikaalit teknologiset ratkaisut, joiden pääasiallinen merkitys on aineen muotojen, sijainnin, koostumuksen tai muiden ominaisuuksien mittaaminen tai tunnistaminen.

2.38 Halpa LIDAR ***

Ingressi: Lidar tarkoittaa teknologiaa, jossa laser-valo ohjataan kohteeseen, mitataan heijastus ja lasketaan sen perusteella kohteen sijainti. Sijainti suhteessa mittaajaan saadaan selville nopeasti ja tarkasti. Järjestelmät voivat käyttää yhtä tai useampaa eri aallonpituutta. Käytetty aallonpituus määrää, minkälaisia kohteita järjestelmä havaitsee. Teknologiaa on aiemmin käytetty lähinnä kartoituksessa ja vaativissa teknisissä mittaustehtävissä, mutta teknologian halventuessa sille avautuu käyttöalueita 3D-kuvantamisessa, liikkeiden ja sijainnin tunnistamisessa, robottien, kuten nelikopterien ja itse liikkuvien autojen ohjauksessa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/Lidar, http://www.ibeo-as.com/index.php/en/iobject-tracking, http://www.lidarnews.com/PDF/LiDARMagazine_SudharsananMoss-LowCostLiDARImager_Vol3No2.pdf

Kehityksen kärki tai kärjet: Ibeo on joidenkin tietojen mukaan tehnyt sopimuksen Lidar-järjestelmien toimittamisesta autoteollisuudelle 250$ kappalehintaan.

Sovellusalueita:robotiikka, 3D-mallinnus, hahmontunnistus, liikkeen ja paikan tunnistus, turvallisuusala, kartoitus, huolto- ja ylläpito, kauppa ja palvelut, liikenne, rakentaminen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, **1.6**, 1.7, 1.9, **1.10**, 1.12, 1.14, **1.15**, **1.16**, 1.17, 1.18, 1.19

Osaamisperusta: Osaaminen vähäistä, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.10 mittalaitteet, 3.1. 2 toimialakohtaiset erikoiskoneen, 3.1.3 rakentaminen

2.39 Linssitön kuvantaminen ja laskennallisesti muodostetut kuvat ***

Ingressi: Perinteiset kamerat koostuvat linssijärjestelmästä ja valoherkkien antureiden matriisista, kennosta. Uusien metamateriaalien avulla valon eri taajuudet ja jopa valonsäteen saapumissuunta voidaan tunnistaa. Näiden tietojen avulla kuva voidaan luoda laskennallisesti ja tarvittaessa myös kolmiulotteisena ja koko kuva-alueella tarkkana. Koska pääosa teknologiasta on prosessointitehosta ja massatuotettavasta elektroniikasta riippuvaa, kustannuksen voi odottaa laskevan nopeasti. Tuotteita ei vielä ole juurikaan kaupallistettu, mutta laskennallisin menetelmin esimerkiksi tavallisesta mikroskoopista on optiikkaa vaihtamatta saatu raporttien mukaan sata kertaa tarkempi. Linssittömän kuvantamisen ja laskennallisesti muodostettavien kuvien sovelluksia on kuvien tavallisen tarkentamisen ja kohinan poiston lisäksi kaavailtu mm. robottiliikenteeseen ja litteiden näyttöjen yhteyteen käyttäjien eleiden tunnistamiseen.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.bbc.co.uk/news/technology-21057270, http://www.informationweek.com/hardware/handheld/mit-unveils-lensless-camera/222002840, http://www.technologyreview.com/view/516351/lensless-camera-takes-multiple-view-pictures/, http://www.slashgear.com/nokia-smartphone-chief-teases-lytro-style-computational-photography-up-next-27283661/, http://petapixel.com/2013/07/29/hack-transforms-common-microscopes-into-gigapixel-superscopes/

Kehityksen kärki tai kärjet: MIT:ssä on kehitetty näyttöpaneeliin integroitua linssitöntä optiikkaa vuorovaikutteiseen käyttöön. Bell-laboratorio on kehittänyt yhden pikselin kameraa, joka tunnistaa valon saapumissuunnan ja laskee kuvan sen perusteella. Kuva on tarkka kaikilla etäisyyksillä. Useamman pikselin avulla saadaan kuvaan useita eri näkökulmia ja kolmiuloitteisuutta. Nokia kehittää teknologiaan soveltuvia algoritmeja osana PureView-järjestelmäänsä.

Sovellusalueita: Elektroniikan käyttöliittymät, robotiikka, kamerat ja 3D-kuvantaminen,

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri, erityisesti optiikka ja sensorit aktiivisen tutkimuksen kohteina

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, 1.4, 1.6, 1.8, **1.10**, **1.11**, **1.12**, **1.14**,**1.15**, 1.16, 1.17, **1.19**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen alueilla 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti kameraosaaminen ja paikkatieto, 3.1.17 matkailu, 3.1.9 lääketieteelliset instrumentit, 3.1.10 mittalaitteet

2.40 Materiaalitutka ****

Ingressi: Laser-teknologia yhdistettynä spektroskopian metodeihin avaa mahdollisuuden tunnistaa kemiallisia yhdisteitä ja materiaaleja näköetäisyyden päästä. Avaruustutkimuksen alueella spektroskopia on ollut ainoa luotettava keino tunnistaa avaruudessa olevan materian koostumusta. Elektroniikan halventuessa ja osaamisen kehittyessä menetelmä erityisesti yhdistettynä laser-teknologiaan tuottaa teoriassa yleiskäyttöisen välineen tunnistaa esimerkiksi ravintoaineita, myrkkyjä, erilaisia kaasuja, pintamateriaaleja, räjähdysaineita, huumeita, sairauksia, puutostiloja tai ravinteita ilman reagensseja tai muita kuluvia osia, täysin automaattisesti ja häiritsemättä tai muuttamatta tutkinnan kohdetta.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://davidbrin.blogspot.fi/2012/07/accelerating-dangers-opportunities-from.html, http://www.geniaphotonics.com/, http://www.scienceworldreport.com/articles/8881/20130816/new-method-molecular-imaging-demonstrated-first-time.htm, http://people.csail.mit.edu/fadel/wivi/,http://www.sciencecodex.com/bombdetecting_lasers_could_improve_security_checkpoints-118953

Kehityksen kärki tai kärjet: Alan johtava yritys on Genia Photonics, joka markkinoi tuotteitaan lääketieteen, teollisuuden ja turvallisuusalan tarpeisiin.

Sovellusalueita: Turvallisuusala, teollisuus, lääketiede, palvelut, robotiikka, kaivosteollisuus, maatalous, ja teknologian hinnan laskiessa myös ihmisen normaali arki.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Merkittävyys tasolla: 1.1, **1.2**, **1.3**, 1.4, **1.5**, 1.6, 1.7, **1.8**, 1.9, **1.10**, **1.11**,1.12, **1.13**, **1.14**, 1.15, **1.16**, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.10 mittalaitteet, 3.2.1 cleantech, 3.2.3 biotalous

2.41 Halvat kaasujen tunnistimet ***

Ingressi: Nanohiilet ja led-teknologia ovat mahdollistamassa hyvin edullisia, joidenkin eurojen hintatasossa olevia monien eri kaasujen ja liuosten koostumuksen tunnistavia, ei kertakäyttöisiä antureita. Hintataso on niin alhainen, että antureita voi sijoittaa useimpien teollisten prosessien kaikkiin eri vaiheisiin, ja jopa arjen ympäristöön kotitalouksissa ja rakennetun ympäristön ja luonnon seurantaan kaikkialle, missä anturit ovat tietoliikenteen tavoitettavissa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.youtube.com/watch?v=24rbe8ntzNg&feature=related, http://www.gassensing.co.uk/news-production-facility/, http://ledmicrosensor.com/advant.htm,

Kehityksen kärki tai kärjet: Lupaavimpia ovat grafeeniin perustuvat tutkimusvaiheessa olevat tunnistimet. Led-teknologiaan perustuvat optiset tunnistimet ovat rajoitetumpia, mutta jo kaupallisesti saatavilla.

Sovellusalueita: Teollisuuden prosessit, luonnonsuojelu, maatalous, elintarvikevalvonta, turvallisuusala, rakennusautomaatio, arjen elinympäristön seuranta, robotiikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri, sensorit aktiivisen tutkimuksen kohteina

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, **1.9**, **1.10**, 1.11, **1.12**, **1.13**, **1.14**, **1.16**, **1.17**

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea alueilla 3.1.10 mittalaitteet, 3.1.11 kemialliset raaka-aineet, 3.2.1 cleantech

2.42 Erittäin herkkä kamerakenno perustuen nanohiiliin **

Ingressi: Nanohiilten avulla on mahdollista saada aikaan herkkiä kamerakennoja, ja rakentaa monikerroksisia kennoja siten, että nykyistä huomattavasti laajempi taajuusalue myös näkyvän valon ulkopuolelta saadaan kuvatuksi, värit ja fotonin suunta tallennetuksi ja kohinaton kuva aikaan hämärissäkin olosuhteissa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.slashgear.com/nokia-graphene-camera-tech-tips-true-pureview-without-the-bulk-04245872/ ; http://nanotechweb.org/cws/article/tech/49579, http://www.extremetech.com/tag/graphene

Kehityksen kärki tai kärjet: Nokia kokeilee grafeenilla parannettua kamerakennoa joka on ratkaisevasti nykyisiä matkapuhelimissa käytettyjä kennoja herkempi. Tutkimuslaitoksissa kehitetään yhä herkempiä grafeenikennoja.

Sovellusalueita: Hämäränäkölaitteet, optiset sensorit, kamerat, robotiikka, liikenne, pelit, viihde.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus suuri, sensorit aktiivisen tutkimuksen kohteina

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, 1.4, 1.6, **1.10**, 1.11, **1.12**, 1.14, 1.15, 1.16

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen alueilla 3.1.10 mittalaitteet, 3.1.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto 3.1.17 matkailu

2.43 Painettavat yms. halvat sensorit ****

Ingressi: Painotekniikalla tuotettavan elektroniikan ohessa ja osin siihen yhdistettynä kehitetään painettavia sensoreita, joissa erilaiset funktionaaliset materiaalit muodostavat biometrisiä antureita reagoiden määrättyihin ainesosiin ja tuottaessaan siitä joko visuaalisen tai elektronisen signaalin. Painotekniikan avulla voidaan samalle pinnalle tuottaa suuri joukko samanlaisia tai erilaisia antureita, ja näin saada esimerkiksi pinta, joka tekee samanaikaisesti suuren joukon testejä.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.engadget.com/2013/03/11/biometric-sensor-printed-directly-on-skin/, http://www.swansea.ac.uk/research/excellence/impact/features/print-technology/, http://www.vtt.fi/uutiskirje/032006art11.jsp , http://inhabitat.com/mits-carbon-nanotube-pencil-draws-delicate-sensors-onto-paper/

Kehityksen kärki tai kärjet: Kuhunkin erilaiseen teknologiaan tulee kehittää erikseen reagenssit eri aineita varten. Kehitys on pääosin tutkimusasteella. Illinoisin yliopistossa on tuotettu hyvin ohuita ihoon helposti mukautuvia antureita.

Sovellusalueita: Lääketiede, urheilu, pelit, elintarviketeollisuus, kotitaloudet, kauppa, teollisuus, sosiaalinen media, rakennusautomaatio, maatalous.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, **1.3**, 1.4, **1.5**, 1.6, **1.7**, **1.8**, **1.9**, **1.10**, 1.11, **1.12**, **1.14**, 1.16, **1.17**, 1.18, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen alueilla 3.1.8 paperi ja pahvi, 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.1.10 mittalaitteet, 3.1.16 mobiili tietotekniikka

2.44 Terahertsiaaltojen manipulointi grafeenilla ***

Ingressi: Terahertsiaallot ovat sähkömagneettista säteilyä infrapuna-alueen ja mikroaaltoalueen välissä. Aaltoalue on ollut liian suuritaajuuksinen aiemmin tarkkojen aallonpituuksien generointiin ja mittaamiseen, mutta grafeenitutkimus on avannut mahdollisuuden näiden grafeeniaaltojen edulliseen ja tehokkaaseen manipulointiin.

Terahertsiaallot läpäisevät sähköä johtamattomia materiaaleja eivätkä ionisoi niitä. Terahertsiaaltoja voidaan käyttää tunnistamaan materiaalien ominaisuuksia sekä aaltojen vaihesiirron että amplitudin perusteella. Yksittäinen analysoitava muutaman pikosekunnin mittainen Laser-pulssi voi kattaa koko terahertsialueen kaikki taajuudet (0,05THz - 4THz).

Terahertsikuvaus on röntgenkuvausta turvallisempaa, kuvien resoluution on mikrometrin luokkaa ja monilla materiaaleilla on tunnusomainen sormenjälkensä terahertsikentässä, eli ne voidaan tunnistaa. Tunnistettavia ovan jo mm. monet räjähteet ja lääkeaineet. Materiaaleja tutkittaessa terahertsiaallot paljastavat tarkkapiirteisesti myös materiaalien epäjatkuvuuskohtia, kuten murtumia.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/Terahertz_radiation,
http://en.wikipedia.org/wiki/Terahertz_time-domain_spectroscopy,
http://terahertztechnology.blogspot.fi/2013/04/abstract-graphene-metamaterials-based.html, http://terahertztechnology.blogspot.fi/p/terahertz-basics.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Varhaisia kaupallisia tuotteita terahertsikuvaamiseen on tullut markkinoille 2007 alkaen, mutta grafeenin mahdollisuuksia selvitetään vasta tutkimustasolla.

Sovellusalueita: Turvatarkastukset ja vakoilu, teolliset prosessit, lääketiede, biologiset tutkimukset, elintarviketeollisuus, rakenteiden tutkimus, laaduntarkastus, viestintä.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus suuri, optiikka aktiivisen tutkimuksen kohteena

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.8, 1.9, **1.10**, **1.11**, 1.12, **1.13**, **1.14**, **1.16**

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.10 mittalaitteet, 3.1.9 lääketieteelliset instrumentit, 3.1.16 tietotekniikka, erityisesti turvallisuus

Liikkuminen ja liikuttaminen

Tähän ryhmään on koottu radikaalit teknologiset ratkaisut, joiden keskeinen tarkoitus on liikkuminen ja liikuttaminen.

2.45 Robottiauto ****

Ingressi: Itse itseään ajavia autoja on kehitetty jo pitkään. Automatiikkaa on lisätty jatkuvasti autoihin, ja osa myynnissä olevista autoista selviää jo yksinkertaisista tilanteista ja tehtävistä autonomisesti. Suljetuilla alueilla, kuten kaivosalueilla, satamissa ja varastoissa, monet ajoneuvot jo toimivat ilman kuljettajaa. Viimeisenä kehityksenä useat USA:n osavaltiot ovat antaneet kuljettamattomille autoille kokeilulupia julkisilla teillä ajamiseen. Kehitys etenee nyt nopeasti ja kuljettamattomia autoja luvataan kuluttajamyyntiin 2018–2020 välillä.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.liikenteensuunta.fi/fi/artikkelit/profile/metropolivisio-sukeltaa/ , http://en.wikipedia.org/wiki/Google_driverless_car, http://www.thesun.co.uk/sol/homepage/motors/4930389/mercedes-s-class-unveiled-best-car-in-the-world.html, http://www.sciencedaily.com/releases/2013/08/130816094643.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: Teknologiakehittäjistä pidimmällä vaikuttaa olevan Google, jonka varustamat kuljettajattomat autot ovat ajaneet USAn teillä jo 800.000 kilometriä. Vakiomallisten autojen kehittynein automatiikaltaan on Mercedes-Bentz S-2014, joka ajaa ruuhkaliikenteessä ja moottoritiellä autonomisesti. Singapore on sallinut ensimmäiset kokonaan kuljettamattomat joukkoliikennevälineet muun liikenteen sekaan vakioreitille.

Sovellusalueita: Ajamisen helpottuminen, liikenneturvallisuus, kuljettajaton taksi, kuljettajaton tavaraliikenne, valvontatehtävät, sotilasteknologia.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: **1.1**, **1.2**, **1.4**, 1.6, **1.9**, **1.10**, 1.12, **1.13**, **1.14**, 1.15, **1.16**, **1.17**, 1.18,1.19, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen alueilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.3 sähkölaitteet, 3.1.10 mittalaitteet, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto

2.46 1- ja 2-pyöräiset henkilö- & tavarakuljettimet ***

Ingressi: Tietotekniikan, sähkömoottoreiden ja akkutekniikan kehityksen avulla yksi- ja kaksipyöräiset itseään tasapainottavat henkilöliikuttimet ja tavaroita kuljettavat välineet ovat muuttuneet käytännöllisiksi. Kun istuin pysyy ihmisen alla tasapainossa, vaikka siinä olisi vain yksi jalka ja pyörä, muuttuu se samalla hyvin helpoksi siirtää ja kantaa mukanaan toimistoympäristöönkin. Hyvin kevyet motorisoidut henkilöliikuttimet tekevät käytännölliseksi ja nopeaksi siirtyä kilometrien matkoja edullisen ja joukkoliikennevälineissä polkupyörää huomattavasti helpommin kuljetettavan apuvälineen kanssa. Tämä vähentää auton tarvetta ja lisää liikkumisen tasa-arvoa erityisesti urbaanissa ympäristössä.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.segway.fi/, http://www.youtube.com/watch?v=6Tbl-z_1loc&feature=player_embedded#!, https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=XgPArPAeYds, http://www.menshealth.com/techlust/solowheel

Kehityksen kärki tai kärjet: Segway on kaksipyöräisen itsensä tasapainottavan henkilöliikuttimen pioneeri. Yksipyöräisissä Solowheel ja Honda ovat kehityksen kärjessä. Solowheel maksaa 1.795 $, kulkee yhdellä latauksella 20 kilometrin matkan 16 kilometrin maksimituntinopeudella ja painaa 11 kg.

Sovellusalueita: Kevyt henkilöliikenne, lyhyen matkan tavarankuljetus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, 1.4, 1.6, 1.8, **1.9**, 1.12, **1.13**, 1.15, 1.16, **1.17**, **1.20**

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.3 sähkölaitteet

2.47 Nelikopterit ***

Ingressi: Nelikoptereiksi ja monikoptereiksi kutsutut, tavallisesti pienet tietokoneen vakaamat pääosin sähkökäyttöiset lennokit ovat alkaneet yleistyä nopeasti. Lentämistä vakaavat ohjelmat ovat avoimen koodin kautta kaikkien saatavilla, harrastelijoiden arduinotyyppinen elektroniikka helposti ja edullisesti saatavine lisävarusteineen riittää toimivan lennokin tekemiseen. Lentoaikaennätys yhdellä latauksella on kymmenen tuntia ja kymmenen kilon hyötykuorma on mahdollinen kuormaansa kevyemmälle nelikopterille. Toistaiseksi tyypillinen nelikoptereiden käyttö on ilmakuvaus, mutta nelikoptereita on käytetty tavaroiden siirtämiseen, kartoitustehtäviin ja taitolentoesityksiin. Edullisimmat kameralla varustetut autonomisesti lentävät nelikopterit maksavat alle 50 $. Tulevaisuudessa nelikoptereiden voidaan kuvitella suorittavan valvonta- ja mittaustehtäviä, sotilaallisia tehtäviä, tavaroiden etsintää ja järjestämistä, kuljetustehtäviä sekä kokoonpanotehtäviä.

Sovelluskehitys, materiaalien kehitys ja akkuteknologian kehitys edesauttavat teknologian nopeaa yleistymistä.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.youtube.com/watch?v=4ErEBkj_3PY,
http://aeroquad.com/content.php?s=c10c872fe2ddbcfcdca425203e80ba1b,
http://www.youtube.com/watch?v=pp89tTDxXuI,
http://www.youtube.com/watch?v=W18Z3UnnS_0,
http://www.youtube.com/watch?v=xvN9Ri1GmuY, http://qz.com/120654/china-could-become-the-first-country-to-legalize-parcel-delivery-by-drone/

Kehityksen kärki tai kärjet: Nelikoptereiden kehityksen kärkenä voi hyvällä syyllä pitää avoimen koodin ohjelmistoihin ja laitteisiin perustuvia harraste- ja tutkimushankkeita. Lähes kuka tahansa rakentelija kykenee kehittämään autotallissaan itselleen edullisesti verrattain kyvykkään nelikopterin. Kiinassa testataan pakettien jakelua nelikoptereilla haja-asutusalueille.

Sovellusalueita: Viihde, teollisuus, kauppa, turvallisuusala, mittaukset ja logistiikka, rakentaminen, kunnossapito.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, 1.4, **1.6**, 1.7, 1.9, **1.10**, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, **1.17**, 1.18, 1.20

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.10 mittalaitteet, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto

2.48 FlyNano ja muut kevytlentokoneet *

Ingressi: Hiilipohjaiset kevyet ja lujat materiaalit, akkuteknologian kehitys ja tietotekniikan kehitys ovat mahdollistaneet kevytrakenteiset pienet ilma-alukset. Aluksille on tyypillistä, että ne nousevat pystysuoraan tai hyvin pieneltä alueelta, niiden polttoaineenkulutus on pieni, ja ne eivät edellytä erityistä lentotaitoa. Näköpiirissä on monimutkaisuudeltaan henkilöautoa tai moottoripyörää yksinkertaisempia ja helppokäyttöisempiä ilmateitse pihalta pihalle tai katolta katolle toimivia henkilökuljettimia.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://phys.org/news/2012-06-flynano-electric-sea-plane-flight.html ,
http://www.flixxy.com/jet-pack-flying-machine.htm?a=1 , http://moller.com/dev/

Kehityksen kärki tai kärjet: Moller International on osoittanut pystysuoraan nousevan lentoauton voivan teknisesti olla jeepin hintainen, turvallinen ja saavuttaa 500 km/h matkanopeuden. Moller ei ole saanut toistaiseksi kerättyä riittävää pääomaa laitteensa tarvitsemien moottoreiden sarjatuotantoon. Flynano on 70 kilogrammaa painava suomalainen sähkökäyttöinen kevytvesitaso, joka ei tarvitse lentolupakirjaa ja maksaa 35 tuhatta euroa.

Sovellusalueita: Henkilöliikenne, tavaraliikenne, sotilaskäyttö, rajavalvonta, terveydenhuolto, viihde.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.10, 1.12, 1.13, 1.15, **1.16**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.10 mittalaitteet, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto

2.49 Tyhjiösukkula *

Ingressi: Tyhjiösukkula on järjestelmä, jossa maglev-tyyppinen juna liikkuu tunnelissa, josta ilma on osin tai kokonaan poistettu. Menetelmällä on teoriassa mahdollista saavuttaa useiden tuhansien kilometrien tuntinopeus. Kiinalaiset tutkijat ovat ilmoittaneet käynnistävänsä tyhjiösukkula-hankkeen. USAssa on myös hankkeita käynnissä. Tyhjiösukkulaa on kaavailtu myös avaruusalusten laukaisutavaksi. Materiaaliteknologian haasteiden vuoksi tarpeellisen tyhjiön aikaansaamista on toistaiseksi pidetty ongelmallisena, mutta materiaalien kehittyessä ajatus on kypsymässä toteutuskelpoiseksi. On myös ratkaisuja, jotka eivät vaadi täydellistä tyhjiötä, vaan alipaine tai ilmavirtuas riittävät.

Taustatietoa ja esimerkkejä: http://en.wikipedia.org/wiki/Vactrain, http://news.yahoo.com/san-francisco-l-30-mins-proposed-transportation-system-180600043.html, http://www.bloomberg.com/news/2013-08-13/musk-shows-hyperloop-transport-design-for-people-to-cars.html, http://www.et3.com/, http://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop_alpha-20130812.pdf

Kehityksen kärki tai kärjet: Konseptisuunnittelun tasolla monet hankkeet ovat olleet edistyksellisiä ja teoreettinen perusta liikkumisen radikaalille muutokselle on. Tyhjiösukkula voi liikkua huomattavasti lentokoneita nopeammin ja pienemmällä energialla. ET3-hanke kaavailee kokeilua jo vuodelle 2013. Space X- ja Tesla -yritysten taustahahmo, Elon Musk lupaa Hyperloop-järjestelmän olevan nopeampi ja kertaluokkaa luotijunaratoja edullisempi rakentaa.

Sovellusalueita: Nopea joukkoliikenne, avaruusalusten sinkoaminen kiertoradalle.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, **1.13**, 1.14

Osaamisperusta: Vähäinen

2.50 Suprajohteen magneettinen lukinta ja muu levitaatio *

Ingressi: Suprajohteiden avulla aikaansaadut magneetit lukitsevat itsensä magneettikenttään. Mikäli magneettikenttä on sopivan muotoinen, liukuu suprajohtava magneetti kentässä asemansa sekä korkeus- että sivusuunnassa pitäen ja kykenee säilyttämään paikkansa, vaikka joutuisi kannattamaan huomattavaa kuormaa. Suprajohteiden haittapuoli on toistaiseksi tunnettujen suprajohtavien materiaalien vaatima suuri kylmyys, mutta tämä ei estä niiden käyttökelpoisuutta. Magneettisen levitaation lisäksi nanotasolla on osoitettu ns. Casimir-efekti, mutta sen ei ainakaan toistaiseksi ole osoitettu voivan poistaa kitkaa muutoin kuin nanotasolla ja hyvin pienessä koossa. Grafiitin ja grafeenin on todettu tuottavan magneettikentässä vakaasti levitoivaa käyttäytymistä, mutta toistaiseksi vain oman painonsa kantaen. Materiaalikehityksen myötä magneettisen levitaation odotetaan muuttuvan helpommaksi käyttää ja sopivammaksi yhä pienempiin kohteisiin.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://phys.org/news/2012-12-magnetically-levitating-graphite-laser.html#ajTabs ,
http://www.ted.com/talks/boaz_almog_levitates_a_superconductor.html ,

Kehityksen kärki tai kärjet: Maglev-junat edustavat edelleen magneettisen levitaation kehityksen kärkeä.

Sovellusalueita: Koneiden laakerointi, levitaatio raideliikenteessä, suurikapasiteettiset kineettiset akut.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri, suprajohteita tutkitaan aktiivisesti

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.11, **1.13**, **1.16**, 1.17

Osaamisperusta: Osaamista on erityisesti tarvittavassa kylmätekniikassa, markkinaläsnäolo vähäinen

2.51 Cubesat-nanosatelliitit ja muu avaruuden helpompi saavuttaminen **

Ingressi: Useat kaupalliset toimijat ovat ryhtyneet laukaisemaan satelliitteja avaruuteen. Elektroniikan kehityksen myötä hyödyllinen satelliitti saadaan pakattua jo litran kokoiseen, 1.33 kilogramman painoiseen kuutioon. Satelliitin keskusyksikkönä voidaan käyttää mobiilipuhelimia ja satelliittien rakentajille on jo omia tarvikeliikkeitä, joista voi hankkia

tarvittavia aurinkopaneeleita, antureita ja satelliitin ohjaamiseen tarvittavia moottoreita. Cubesat on standardimitoitus, ja Nasan ohella useat kaupalliset toimijat tarjoavat Cubesat-lasteille laukaisupaikkoja omissa raketeissaan. Toistaiseksi oman satellitin rakentamiskustannukset ja laukaisukustannukset ovat noin sadan tuhannen euron suuruusluokassa, mutta näköpiirissä on, että satelliitin ja sen laukaisun hinta laskee kertaluokkaa alemmas. Tämän myötä oppilaitokset, yritykset ja muut organisaatiot voivat harkita satelliittien lähettämistä kiertoradalle verraten vähäisistäkin syistä. Rakettiteknologian kaupallistuminen ja kehittyminen edesauttaa myös avaruuden hyväksikäyttöä moniin eri tarkoituksiin.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.pcworld.com/article/261331/android_phones_will_power_nasas_new_fleet_of_mini_satellites.html, http://www.planetaryresources.com/2013/01/asteroid-mining-update-from-the-factory-floor/, http://www.theregister.co.uk/2012/11/29/esa_sabre_clearance/, http://www.scienceworldreport.com/articles/8241/20130718/true-spaceplane-enabling-radically-superior-engine-technology-receives-funding.htm, http://www.electric-sailing.fi/

Kehityksen kärki tai kärjet: Nasa on ryhtynyt kehittämään Cubesat teknologiaa vakiokomponenteista ja tarjoaa oppilaitosten tiedeprojekteille maksuttomia laukaisupaikkoja. Planetary Resources kehittää satelliittikameroita Cubesatia suurempaan kokoon ja aikoo tarjota satelliittikameroita yleisön ohjattavaksi ja käyttöön. Suomessa kehitetään aurinkopurjetta. Eräässä mielessä kehityksen kärjessä on avoin yhteisö.

Sovellusalueita: Avaruustutkimus, tietoliikenne, maaperän tutkimus, turvallisuusala, viihde, pelit, sosiaalinen media.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, 1.6, **1.10**, **1.11**, 1.13, **1.14**, 1.15, **1.16**, 1.18, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.10 mittalaitteet, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto

2.52 Kevyet jatkuvasti lentävät laitteet ***

Ingressi: Materiaalien keventyminen, akkuteknologian ja aurinkopaneelien jatkuva kehittyminen ovat tehneet mahdolliseksi moottorikäyttöisten koneiden jatkuvan pysymisen ilmakehässä ilman polttoainetäydennystä. Laitteet nousevat ilmaan pilvien yläpuolelle, lataavat aurinkopaneelien avulla akut päiväsaikaan ja pysyvät riittävän korkealla ilmassa yöllä. Tällaiset koneet voivat korvata tietoliikennesatelliitteja ja antennimastoja, ne voivat suorittaa pysyvää ilmavalvontaa ja kuvata allaan olevia alueita jatkuvasti. Laitteet voivat myös esimerkiksi satelliittien ohjauksessa lentää pitkiä matkoja. Lähitulevaisuudessa aurinkopaneelien, kevyiden materiaalien ja akkuteknologian edelleen kehittyessä tällaiset

laitteet ovat harrastelijoiden tehtävissä, ja niiden kustannukset voivat koosta riippuen olla yksin kappaleinkin tehtynä vain joitakin satoja tai joitakin tuhansia euroja.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.mnn.com/earth-matters/energy/stories/solar-powered-plane-can-fly-all-day-and-all-night , http://www.engadget.com/2012/06/16/flynano-proto-takes-to-the-air-electric-power/, http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=QGxNyaXfJsA#t=83s

Kehityksen kärki tai kärjet: Solar Impulse on tämän hetken teknologian huippu. Kyse on miehitetystä lentokoneesta, joka lentää aurinkovoimalla. Alan pioneeri on Yhdysvaltojen ilmavoimien ja Nasan rahoittama Aerovironment.

Sovellusalueita:Sotilasteknologia, rajavalvonta, turvallisuusala, terrorismi, viihde, pelit, logistiikka, tietoliikenne, kartoitus, liikennevalvonta ja ohjaus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, 1.4, 1.6, **1.10**, 1.11, 1.13, **1.14**, 1.15, **1.16**, 1.18,1.19, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen alueilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.10 mittalaitteet, 3.1.12 meriteollisuus, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti paikkatieto, 3.2.1 cleantech, 3.2.2 arktinen teknologia

Robotit

Tähän on kerätty ensisijassa mekatroniikkaan liittyvät radikaalit teknologiset ratkaisut, jotka ovat toiminnallisesti pääosin autonomisia tai kauko-ohjattavia.

2.53 Modulaarinen robotiikka ****

Ingressi: Robotit on perinteisesti rakennettu ja ohjelmoitu yhtenä kokonaisuutena. Robotiikan alueen laajetessa teknologia vaikuttaa kypsyvän siten, että robotiikkaan kehittyy ohjelmistoalustoja tai käyttöjärjestelmiä, joihin saa kiinnitettyä erilaisia oheislaitteita ja antureita sekä niiden ohjausohjelmia ja toiminnallisia apuohjelmia sekä varsinaisia sovelluksia toisistaan riippumatta tai ainakin toisistaan riippumattomilja tekijöiltä. Sovellustason asia voi esimerkiksi olla haluttuun paikkaan siirtyminen ja siellä olevan määrätyn kappaleen noutaminen. Laiteohjainten asia on sitten huolehtia siirtymisestä kävellen, pyörillä tai lentäen, ja tarttumisesta kappaleeseen sen mukaisesti, minkälaisia mahdollisuuksia laite tarjoaa. Kun robotit kootaan valmiista osista, joihin jo liittyy omia toiminnallisia ohjelmistojaan, tulee robotin kehittämisestä helpompaa, ja samantyyppisiä haasteita ei tarvitse ratkaista aina uudelleen. Uusimpana modulaarisen robotiikan toimintatapana

on kännykän käyttäminen robotin keskusyksikkönä yhdessä pilvipalvelun kanssa. Kännykän oheislaitteet, kuten mikrofoni, kamera, inertiatunnistin ja GPS ovat tietoliikennevalmiuden lisäksi huomattavan tarpeellisia moniin robottisovelluksiin. Uusin suuntaus modulaarisessa robotiikassa pyrkii siihen, että itsenäiset robotit liittyvät ryhminä suorittamaan vaativia tehtäviä.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/Self-reconfiguring_modular_robot ,
http://robosavvy.com/store/product_info.php/products_id/547 ,
http://www.ted.com/talks/keller_rinaudo_a_mini_robot_powered_by_your_phone.html?utm_campaign&utm_medium=on.ted.com-static&utm_content=awesm-publisher&utm_source=direct-on.ted.com&awesm=on.ted.com_Romo,

Kehityksen kärki tai kärjet: Arduino-pohjaiset avoimen koodin robotti-hankkeet kehittyvät jatkuvasti modulaarisempaan suuntaan. Romotiven kehittämä 149 $ hintainen Romo on pieni etäläsnäolorobotti, jota ohjaa iPhone.

Sovellusalueita: Robotiikka, robottien kehitystyön radikaali helpottaminen, robottien toiminnallisten osien ja kykyjen markkinoiden mahdollistaminen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, **1.3**, **1.4**, **1.5**, **1.6**, 1.7, **1.9**, 1.10, **1.12**,1.13, **1.14**, 1.15, **1.16**, 1.17, **1.18**, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti kameraosaaminen

2.54 Kävelevä, kädellinen robotti ****

Ingressi: Ihmisen tavoin liikkuva autonominen robotti on ollut robotiikan symbolinen tavoite robotti-käsitteen synnystä alkaen. Ihmisen liikkeiden matkiminen on osoittautunut odotettua haastavammaksi tehtäväksi sekä nivelten suunnittelun että liikkeiden anturoinnin ja ohjelmoinnin osalta. Viimeaikainen kehitys on kuitenkin ollut nopeaa. Uudet robotit liikkuvat kahdella jalalla melko luotettavasti ja kykenevät myös kulkemaan portaita ja liikkumaan epätasaisessa maastossa. Robottien kädet ovat myös kehittyneet ja parhaat kykenevät tarttumaan yhä useampiin erilaisiin koviin ja pehmeisiin esineisiin niitä rikkomatta. Ihmistä matkiva robotti on tärkeä siksi, että ihmisen ympäristön tavarat ja laitteet on suunniteltu ihmisen käytettäväksi. Robotit voivat olla autonomisia, mutta yhä useammin robotteina pidetään kauko-ohjattaville laitteille, joiden avulla ihminen voi etäisyyden päästä suorittaa tehtäviä ja olla vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa itselleen mahdollisimman luonnollisella tavalla.

Taustatietoa ja esimerkkejä:
https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=R8UeT9r4cmg, http://www.desirethis.com/1419/kinova-mico-an-affordable-robotic-arm, https://www.youtube.com/watch?v=zkBnFPBV3f0

Kehityksen kärki tai kärjet: Toyotan ja Hondan robotit edustavat kävelevien kädellisten robottien kärkeä. Toyota robotti osaa mm. soittaa viulua. Aldebran Robotics toimittaa oppilaitoksille kädellistä kävelevää Nao-robottia hieman yli kymmenen tuhannen euron hintaan. Robotille on saatavilla runsaasti eri sovelluksia.

Sovellusalueita: Palvelut, etäläsnäolo, työtehtävät ihmiselle suunnatussa ympäristössä, vanhusten ja vammaisten avustaminen, opetus, viihde, pelit, sotilasteknologia.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, **1.4**, **1.6**, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.10, 1.12, 1.13, **1.15**, 1.16, **1.17**, **1.19**, 1.20

Osaamisperusta: Osaaminen vähäistä, markkinaläsnäolo olennainen alueilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti kameraosaaminen, 3.1.17 matkailu

2.55 Kyberhyönteinen *

Ingressi: Kyberhyönteisellä tarkoitetaan sudenkorennon kokoista tai sitä pienempää, yleensä lentävää laitetta. Kyberhyönteisten kehittelyssä vaativia asioita ovat elektroniikan miniatyrisointi sekä liikkumiseen tarvittavien moottoreiden tai keinotekoisten lihasten aikaansaaminen sekä voimanlähde. Lentäminen siiveniskujen avulla on myös pitänyt ratkaista. Kyberhyönteiset voivat kameran ja antureiden avulla havainnoida ymäristöään, liikkua siinä ja viestiä tietoliikenneteitse. Kun laitteiden valmistus tulevaisuudessa todennäköisesti automatisoituu, on niiden kustannus hyvin alhainen. Niitä on suunniteltu käytettäväksi mm. maanviljelyksessä, sotilasteknologiassa, valvontatehtävissä ja pelastustehtävissä.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/Micro_air_vehicle, http://en.wikipedia.org/wiki/Nano_Air_Vehicle , http://www.thisiscolossal.com/2013/04/the-bionicopter-a-robotic-dragonfly-by-festo/, http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-22380287

Kehityksen kärki tai kärjet: Harvardin yliopiston tutkijat ovat saaneet aikaan tuuman kokoisen hyönteisen tavoin lentävän ja tarkasti ohjattavan laitteen. Virta syötetään koelaitteeseen toistaiseksi sähkönjohtimilla.

Sovellusalueita: Sotilasteknologia, valvonta- ja mittaustehtävät, pelastustoimi, maanviljelys, pelit ja sosiaalinen media.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, 1.5, 1.6, **1.10**, 1.11, 1.15, **1.16**

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.16 mobiili tietotekniikka, erityisesti kameraosaaminen

2.56 Tavaroiden 3D-tulostus ****

Ingressi: 3D-tulostuksessa (materiaalia lisäävä valmistus) kappaleet tai toimiinalliset laitteet valmistetaan materiaalia lisäämällä. Kyse on 1980-luvulla ensimmäiset kaupalliset askeleensa ottaneesta menetelmästä. Muun muassa lennokeiden ja autojen osia, kuulokojeita ja muita proteeseja, soittimia, leikkikaluja, museoesineiden kopioita, valumuotteja, koruja ja työkaluja tulostetaan jo rutiininomaisesti. Eri tekniikoita on useita ja valmistettavien tavaroiden materiaaleja voivat olla mm. muovit, keramiikka, komposiitit ja metallit. Laitteiden hinnat vaihtelevat sadoista euroista yli miljoonaan euroon. Monien keskeisten patenttien rauettua kilpailu on nopeuttanut kehitystä ja laitemyynti on moninkertaistunut vuoden 2010 jälkeen ja kasvaa edelleen hyvin nopeasti. Erityisen nopeaa kehitys on avoimen koodin hankkeissa. Teknologiassa on edelleen rajoituksensa, mutta sen etuina perinteisiin menetelmiin on, ettei monimutkaisuus lisää kustannuksia, geometria on perinteistä työstöä vapaampi, muotinvaihtokustannuksia ei ole ja jokainen kappale voi olla yksilöllinen ja edullisten laitteiden avulla valmistus voi olla paikallista, jolloin logistiikkakustannukset jäävät pois. Tulosteet ovat moniin tehtäviin hyviä jo sellaisenaan, mutta useissa tarkoituksissa vaaditaan pintaviimeistely.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://blog.ted.com/2013/02/07/7-talks-on-the-wonder-of-3d-printing/ ,
http://www.youtube.com/watch?v=0gMCZFHv9v8, http://www.minifactory.fi/

Kehityksen kärki tai kärjet: Metallitulostimien markkinajohtaja on EOS. Makiboxin 200 $ 3D-tulostin on markkinoiden edullisin. Kotimainen miniFactory on yksi tuhannen euron hintaluokan monipuolisimmista laitteista.

Sovellusalueita: Huolto ja kunnossapito, taide, pienteollisuus, harrastustoiminta, tuotekehitys, tutkimus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: **1.3**, **1.4**, 1.6, 1.7, **1.8**, **1.9**, **1.11**, **1.12**, 1.13, 1.14, **1.15**, **1.16**, **1.18**, 1.19, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.4 sähkölaitteet,3.1.6 muoviraaka-aineet, 3.1.7 teräs-ja alumiiniteollisuus, 3.1.15 tavara- ja henkilölogistiikka ja 3.1.16 tietotekniikka

2.57 Rakennusten 3D-tulostus **

Ingressi: Tutkijat ovat kehittäneet betonin kaltaisia materiaaleja, joihin seostetaan joko nanoselluloosaa tai muita puukuituja, ja joka jäykistyy riittävästi, jotta se voidaan pursottaa ja valaa ohuina kerroksina ilman muottia. Tämä tekniikka vaikuttaa soveltuvan rakennuselementtien ja kokonaisten rakennuksen runkojen valamiseen robotin avulla 3D-tulostuksena. Tulostettujen rakenteiden monimutkaisuus ei aiheuta olennaisia lisäkustannuksia, joten rakennukseen voidaan tulostaa suurikokoiset huonekalut ja haluttu määrä kaarevia seiniä ja kulmia sekä reitit ja sijoittaa LVIS-putkitus ja mahdollisesti johdotuskin tulostamisen yhteydessä.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.youtube.com/watch?v=JdbJP8Gxqog , http://www.theverge.com/2012/2/21/2811146/3d-printing-d-shape-monolite-enrico-dini, http://www.telegraph.co.uk/travel/ultratravel/the-next-big-thing/10110195/The-worlds-first-3D-printed-house.html, http://www.dezeen.com/2013/06/26/digital-grotesque-the-worlds-first-3d-printed-room/

Kehityksen kärki tai kärjet: Contour Crafting on demonstroinut useiden metrien korkuisen tulostetun seinän. Laskennallinen nopeus kaksikerroksisen pienen omakotitalon tulostamiseen on 24 tuntia. Materiaalin kuvataan olevan tavanomaista betonia selvästi lujempaa ja luontoystävällisempää. Enrico Dini on tutkinut hieman toisenlaista tulostusmenetelmää onnistuneesti.

Sovellusalueita: Rakennuselementtien valmistus, laivojen runkojen tulostus, rakennusten ja muiden suurten kivimäisten rakenteiden ja esineiden tulostus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: **1.3**, **1.4**, 1.6, **1.11**, 1.13, 1.14, 1.15, **1.17**, 1.18, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista vähäistä, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.3 rakentaminen, 3.1.12 meriteollisuus, 3.1.16 tietotekniikka, 3.2.2. arktinen teknologia, 3.1.15 nostamis- ja lastaamiskoneet

2.58 Materiaalin 3D-tulostus ja 4D-tulostus **

Ingressi: Materiaalia ruiskuttavilla 3D-tulostimilla on periaatteellinen kyky tuottaa useiden erilaisten aineiden valinnaisia seoksia ja jopa molekyylitason yhdisteitä kohta kohdalta suunnitelman mukaan. Esimerkiksi näkymättömäksi tekevien metamateriaalien tuottaminen 3D-tulostimilla on aktiivisen tutkimuksen kohteena. Tutkijat ovat jo onnistuneet tuottamaan rasvojen ja veden seoksesta kudoksen kaltaista materiaalia ruiskuttamalla vettä rasvan sisään hyvin pieninä pisaroina. Tähän kudoksen rakennetta matkivaan materiaan on samalla tulostettu hermorataa muistuttavia sähkönjohtimia ja saatu aikaan lihaksen kaltainen muodonmuutos kohtiin, joihin sähköä sitten on johdettu. Tutkijat ovat myös raportoineet lääkeaineiden tulostamisesta, ja DNA-tulostintakin voidaan pitää materiaalia tuottavana 3D-tulostimena, vaikka lopputulos onkin nauhamainen. Myös toimiva paristo on tulostettu, ja tutkijoiden tavoitteena on tulostaa robotti, joka tulostamisen jälkeen itsenäisesti kävelee laitteesta ulos. 4D-tulostamisena pidetään sellaisten kappaleiden tulostamista, jotka asennuksen tai käytön aikana muuttavat muotoaan halutulla, tulostusvaiheessa määrätyllä tavalla.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.medgadget.com/2013/04/oxford-creates-new-type-of-3d-printed-replacement-tissue.html, http://www.3dprinter.net/print-me-invisible-with-metamaterial, http://web.mit.edu/3.042/team1_08f/project.html, http://www.ted.com/talks/lee_cronin_print_your_own_medicine.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Pääosa materiaalien tulostamisesta on tutkimushankkeita varten erikseen modifioituja laitteita, mutta Stratasysin Objet-tuotelinjan suurimmat koneet kykenevät ruiskuttamaan 16 erilaista valoherkkää polymeeria samaan objektiin ja luomaan materiaaliseoksia tulostuksen yhteydessä. Objetin käyttämän tulostusmateriaalit ovat kaikki valoherkkiä polymeeriseoksia.

Sovellusalueita: Tutkimus, tuotekehitys, lääketiede, biologia, elektroniikka, robotiikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, **1.4**, 1.5, 1.8, 1.9, **1.11**, **1.12**, 1.13, 1.15, 1.16, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.6 muoviraaka-aineet, 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.1.11 kemialliset raaka-aineet, 3.1.16 tietotekniikka

2.59 Elinten 3D-tulostus *

Ingressi: Elinten 3D-tulostuksesta puhutaan, kun kantasoluista aikaansaatuja tai muuten viljeltyjä soluja tulostetaan kudokseksi eliön toiminnallisen elimen rakenteen mukaisesti. Tulostusprosessi on kehittynyt siten, että solut säilyvät tulostuksen ajan elinkelpoisina, ja

kantasolutekniikan kehityttyä soluviljelmien teko elinsiirtokelpoisista soluista myös helpottuu jatkuvasti.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.treehugger.com/clean-technology/new-technique-3d-printing-works-embryonic-stem-cells.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+treehuggersite+%28Treehugger%29&utm_content=Google+International ,
http://www.bbc.co.uk/news/technology-18677627 ,
http://www.ted.com/talks/anthony_atala_printing_a_human_kidney.html ,
http://www.nytimes.com/2013/04/15/science/rat-kidneys-made-in-lab-seen-as-step-to-human-transplants.html?_r=1&

Kehityksen kärki tai kärjet: Tutkijat ovat onnistuneet tulostamaan mm. verisuonia, hiiren toimintakykyisen munuaisen ja toimintakykyisen maksan.

Sovellusalueita: Lääketiede, elintarviketeollisuus, robotiikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.4, 1.5, **1.9**, 1.11, 1.15, 1.19

Osaamisperusta: Osaamista on erityisesti tarvittavissa kantasolutekniikoissa, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.1.16 tietotekniikka

2.60 Robottikirurgia ja muu biologisten objektien leikkaaminen **

Ingressi: Monet kirurgit Suomessakin suorittavat leikkauksia jo kauko-ohjattavan robotin välityksellä. Kirurgi näkee leikattavan kohteen kolmiulotteisen kuvan suurikokoisena edessään ja ohjaa kuvassa kohdetta leikkaavia robottikäsiä. Metodi on huomattavasti tarkempi kuin normaali kirurgia, ja esimerkiksi urologisissa leikkauksissa ja aivokirurgiassa onnistumistulos on aiempaa paljon parempi. Kun robottikirurgiaan yhdistetään magneettikuvaus ja myöhemmin terahertsikuvaus, ja annetaan robotin itsenäisesti esimerkiksi poistaa haitalliset syöpäkasvaimet välttäen verisuonia ja hermosäikeitä, kykenee robotti koordinoimaan toimintansa erinomaistakin kirurgia tarkemmin ja nopeammin. Tulevaisuudessa on nähtävissä, että robotit suorittavat leikkauksia jopa itsenäisesti vain teknisen valvonnan alla. Toistaiseksi robotit ovat kalliita, mutta on syytä olettaa, että patenttien rauetessa ja laitteiden yleistyessä hinnat laskevat yleisen robottiteknologian hintakehitystä noudattaen. Karkeammalla tasolla robotit poistavat luut kanoista ja mm. hiusten leikkaaminen voi robotisoitua.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.bbc.co.uk/news/uk-england-18910623 , http://www.thespec.com/news/local/article/757402--hamilton-robot-can-detect-and-treat-breast-cancer , http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-06/11/robo-surgeons, http://www.scienceworldreport.com/articles/8268/20130719/intelligent-knife-detects-cancerous-tissue-cutting-tumor-during-surgery.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: daVinci -robottia käytetään noin kahdeksassasadassa eri sairaalassa ja se maksaa noin miljoona euroa. Leikkaustulokset ovat keskimääräistä kirurgia paremmat, mutta pääomakustannus vielä huomattava.

Sovellusalueita: Lääketieteellinen diagnostiikka, kirurgia, invasiiviset terapiat, lihateollisuus, kauneudenhoito.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, **1.4**, 1.5, **1.6**, 1.8, **1.9**, 1.11, 1.15

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit ja 3.1.16 tietotekniikka

2.61 Herkät etätyöhön kykenevät robottisormet ja kädet ***

Ingressi: Nanohiilien kehityksen myötä materiaaleista on tulossa niin herkkiä kosketukselle, että ne voivat indikoita kosketettavan kohteen ominaisuuksia huomattavasti ihmisen sormien tuntoherkkuuttä paremmin. Samanaikaisesti haptiset materiaalit ovat kehittyneet siten, että sormiin ja käsiin kyetään generoimaan halutun kaltaisia aiistimuksia hyvin tarkasti. Näiden yhdistelmänä ihminen voi käsitellä ja käsillään tunnustella esineitä ja materiaaleja robottikäsien välityksellä. Herkistä robottikäsistä voidaan myös saada kestävät ja voimakkaat, ja ne voidaan tehdä tarpeen mukaan suuriksi tai pieniksi ja kiinnittää kävelevään, vesitse liikkuvaan, lentävään tai pyörillä liikkuvaan laitteeseen ja esimerkiksi sijoittaa ihmiselle vaaralliseen tilaan.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/a-sensational-breakthrough-the-first-bionic-hand-that-can-feel-8498622.html , http://www.upi.com/Science_News/Technology/2012/06/19/Robot-finger-more-sensitive-than-humans/UPI-18561340131691/ , http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-04/26/smart-skin, http://www.cbsnews.com/8301-205_162-57582601/watch-robot-hand-can-pick-up-50-pound-weight-use-tweezers/, http://www.scienceworldreport.com/articles/8293/20130722/paper-thin-electronic-skin-lights-up-response-touch-holds-promise.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: Kehitys etenee nopeasti useissa eri tutkimuslaitoksissa. Prototyypit kykenevät aiempaa huomattavasti vaativampiin tehtäviin.

Sovellusalueita: Proteesit, etätyö, raskaat ja vaaralliset tehtävät, hienomekaniikka, robotiikka, viihde ja sosiaalinen media.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, **1.3**, **1.4**, 1.5, **1.6**, 1.7, 1.8, 1.9, 1.11, 1.12, **1.15**, 1.16, **1.18**, **1.19**, 1.20

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet,3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus ja 3.1.16 tietotekniikka

2.62 Robottiräätäli *

Ingressi: Robotiikan kehitys, kehon tarkka 3D-mittaus ja asusteiden 3D-mallinnus ja suunnittelu luovat yhdistelmän, jonka avulla mittatilausasusteiden mitat voidaan ottaa, kankaat leikata ja vaatteet ommella automaattisesti. Samalla niihin voidaan lisätä piirteitä, joita vaateteollisuuden ja hyvän räätälinkin on vaikea tehdä millään kohtuullisella kustannuksella.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.mnn.com/green-tech/research-innovations/stories/robot-sewing-machines-could-make-made-in-china-obsolete, http://phys.org/news/2012-06-darpa-issues-robot-imports.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Kehitys tapahtuu toistaiseksi pienehköissä yrityksissä, mutta robotiikan yleinen kehitys on tukena. DARPA on aktivoimassa ja rahoittamassa tämän teknologian kehitystä. Suomalainen Nomo Jeans on kehittänyt kuvatun prosessin alkupään, mutta ompelu tapahtuu käsityönä.

Sovellusalueita: Mittatilausvaatteiden automaattinen valmistus, teollinen vaatteiden valmistus ilman käsityötä.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, **1.4**, 1.6, 1.11, 1.12, 1.15, 1.18, **1.19**, 1.20

Osaamisperusta: Vähäinen

Luonnon jäljittely ja kyborgit

Tähän ryhmään on koottu radikaalit teknologiset ratkaisut, joiden keskeinen ominaisuus on matkittu biologiasta tai, jota käytetään laajentamaan ihmisen kykyjä yhdistämättä teknistä ratkaisua osaksi ihmisen biologista koneistoa.

2.63 Vettä ilmasta nanopinnoilla *

Ingressi: Nanoteknologia on suuressa mittakaavassa ennen kaikkea pintojen teknologiaa. Yksi tärkeimmistä asioista maapallolla on vesi, jonka saatavuudesta monilla alueilla erityisesti viljelyyn on pulaa, mutta myös puhtaasta juomavedestä on pulaa hyvin laajasti kehitysmaissa. Useat kasvit ja eläimet kykenevät ottamaan tarvitsemansa veden ilmasta. Näiden mekanismien matkiminen nanopintojen avulla on johtanut pintamateriaaleihin, joiden avulla ilman kosteutta voidaan kerätä nestemäiseen muotoon vedeksi. Nämä materiaalit voivat olla olennaisesti nykyisiä autiomaiden vedenkeräimiä edullisempia ja niitä voisi myös tuottaa pienikokoisina ja sijoittaa esimerkiksi kasvien juurten lähelle, jolloin pitkiä kastelujohtoja ei tarvittaisi. Autiomaan ilmassa voi helposti olla gramma vettä kuutiometriä kohden. Mikäli neliömetrin keräimen läpi kulkee tuhat kuutiota ilmaa tunnissa, voi pienenkin keräimen päivätuotto olla useita litroja vettä.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.bbc.co.uk/news/technology-20465982 ; http://www.treehugger.com/clean-technology/airdrop-design-pulls-water-air-to-irrigate-deserts.html

Missä kärki kulkee: Namibialaista hyönteistä jäljitellen on onnistuttu entistä tehokkaammin käyttämään ilman kosteutta veden tuotantoon. NBD-nanon menetelmä on vielä tuotekehitysasteella.

Sovellusalueita: Makean ja puhtaan veden hankinta erityisen kuivilla alueilla

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.5, 1.8, 1.13, 1.14, 1.16,**1.17**, **1.20**

Osaamisperusta: Vähäinen

2.64 Biorobotit *

Ingressi: Biologian ja nanoteknologian kehitys on mahdollistanut eliöissä liikkuvien tai eliöiden solujen ja elinten käyttöön perustuvien tavoitteellisten ja itsenäisesti toimivien robottien kehittämisen. Nämä laitteet voivat esimerkiksi liikkua biologisesti syntyneiden solujen tai jopa koko kehon avulla tietokoneen tai muun asennetun logiikan ohjaamana,

tai ne voivat käyttää biologisen olion aivoja toimintansa ohjaamiseen, tai ne voivat olla kokonaan mekaanisia, mutta tarkoitettu toimimaan itsenäisesti biologisen olion sisällä.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.popularmechanics.com/how-to/blog/3d-printed-biobots-will-crawl-through-your-body-targeting-toxins-14735565; http://www.nbcnews.com/technology/mini-bio-bot-walks-when-its-rat-heart-cells-beat-1C7099426, http://www.gizmag.com/kinect-controlled-cockroaches/28108/

Kehityksen kärki tai kärjet: 3D tulostuksella valmistettu biorobotti etenee supistuvilla ja laajenevilla rotan sydänsoluilla haluttuun suuntaan saamiaan kemiallisia viestejä seuraten. Torakan liikkumista kauko-ohjataan torakkaan kiinnitetyn piirin avulla.

Sovellusalueita: Mm. kehon sisäisten toimintojen seuranta ja puutteiden korjaus, maatalous, sotilasteknologia, pelastustoimi. Verrattuna eläviin organismeihin kyvyttömyys lisääntyä turvallisuuden kannalta etu, mutta edullisen valmistuksen kannalta haitta.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.5, **1.8**, **1.9**, 1.10, **1.16**

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea alalla 3.2.3 biotalous

2.65 Keinotekoiset lihakset **

Ingressi: Biologiset eliöt käyttävät valtaosin lihaksia autonomiseen liikkumiseen. Tarpeen mukaan supistuvia lihaksia voidaan käyttää moniin tehtäviin. Sähkömoottoreiden tai hydrauliikan avulla toteutettuna rakenteet ovat pienessä koossa kömpelöitä, ja lihasten tavoin supistuvia materiaaleja ja rakenteita on siksi tutkittu erityisesti robotiikan miniatyrisoinnin alueella. Esimerkiksi lintujen tai hyönteisten tavoin lentävät laitteet muuttuvat huomattavan yksinkertaisiksi rakentaa, jos tehokkaita ja yksinkertaisia lihaksia saadaan valmistettua.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://phys.org/news/2012-11-wax-filled-nanotech-yarn-powerful-super-strong.html, http://phys.org/news/2013-07-artificial-muscle-humidity.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Hiilinanoputkiin perustuva ”lihas” saadaan voimakkaasti ja erittäin nopeasti (2,5mS) supistumaan ja laajenemaan lämpö- tai valoimpulsseilla

Sovellusalueita: Robotiikka, kirurgiset instrumentit, pienikokoiset kemialliset, optiset ja muut laitteet, proteesit, viihde.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.3, 1.4, 1.6, 1.8, **1.9**, 1.10, 1.11, **1.12**, 1.14, 1.15, 1.17

Osaamisperusta: Suomalaisilla varsin korkeatasoista nanoputkiin liittyvää osaamista, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus ja 3.1.16 tietotekniikka

2.66 Keinotekoinen itseään korjaava iho *

Ingressi: Ihon kyky korjata itseään ja välittää tuntoaistimuksia olisi hyödyllinen monessa laitteessa. Näitä kykyjä pyritään kehittämään synteettisiin materiaaleihin. Tuloksena on tarkoitus saada pintoja, josta tunnistavat kosketuksen ja, jotka korjaavat pintaan syntyvät vauriot.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://news.stanford.edu/news/2012/november/healing-plastic-skin-111112.html, http://www.wired.com/wiredscience/2012/11/synthetic-skin/

Kehityksen kärki tai kärjet: Stanfordissa on valmistettu ensimmäinen synteettinen materiaali, joka reagoi kosketukseen ja kykenee korjaamaan itsensä nopeasti ja toistuvasti huoneen lämpötilassa.

Sovellusalueita: Koneet, työkalut, proteesit, robotiikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Tieteellinen kiinnostavuus suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.6, 1.9, **1.10**, 1.11, 1,12, 1.15, 1.17

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.1.16 tietotekniikka, 3.2.3 biotalous

2.67 DNA-muistit *

Ingressi: Keinotekoisia muistilaitteita käyttetään nykyään ennenkaikkea elektroniikassa. Evoluutio on tuottanut muistamisen mekanismeiksi näiden kulttuuristen keinojen lisäksi keskeisimpinä hermoston ja DNA:n. Nyt DNA-koodia on opittu kirjoittamaan ja lukemaan rutiininomaisesti ja ratkaisut muuttuvat koko ajan edullisemmiksi. Muistivälineenä DNA on erittäin tiheä. Grammaan DNA-materiaalia voi tallentaa noin kaksi tuhatta teratavua dataa, joka vastaa noin miljoonaa tavallista DVD-levyä. DNA voidaan tallentaa jauheena.

Muistivälineenä DNA on siitä erikoinen, että se voidaan sisällyttää myös elävän organismin perimään, jossa se leviää solujen jakautuessa, ja jossa se voi osallistua proteiinituotantoon ja solun toiminnan ohjaukseen. DNA voi myös toimia kehon sisäisten laitteiden käyttämänä muistina.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://physicsworld.com/cws/article/news/2013/jan/23/digital-files-stored-and-retrieved-using-dna-memory, http://www.extremetech.com/extreme/134672-harvard-cracks-dna-storage-crams-700-terabytes-of-data-into-a-single-gram

Kehityksen kärki tai kärjet: Genetiikan tutkijat kirjoittavat DNA-sekvenssiä neljän emäksen koodiin lähes rutiininomaisesti ja useita kirjoja on jo tallennettu perimään. Euroopan bioinformatiikan instituutin tutkijat Englannissa tallensivat laajoja tekstitiedostoja ja äänitteitä DNA-sekvenssiksi ja lähettivät tallenteen kolleegoilleen Heidelbergiin, jossa tiedostot onnistuneesti luettiin. Harvardin tutkijat ovat onnistuneet tallentamaan 700 teratavua tietoa yhteen DNA-grammaan.

Sovellutusalueita: Tieto säilöttävissä erittäin pieneen tilaan, tietoa voidaan monistaa DNA:ta monistamalla ja tiedon hyvin pitkäaikaisen säilymisen edellytykset ovat hyvät. Tieto voidaan myös lukea kehon sisällä ja biologisten mekanismien toimesta.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.4, 1.7, 1.8, 1.10, 1.11, 1.12, 1.15, 1.16, 1.19

Osaamisperusta: Vähäinen

2.68 Elämän simulointi solutasolla ja keinosolu ***

Ingressi: Solubiologian tuntemus on kasvanut jatkuvasti. Soluaineenvaihdinta ja signalointi tunnetaan nyt niin hyvin, ja tietokoneet ovat kehittyneet riittävän nopeiksi, että tutkijat pyrkivät mallintamaan solun perimästä alkaen solun toiminnan kaikki keskeiset mekanismit. Solun mallia voidaan käyttää kahteen tarkoitukseen. Mikäli malli vastaa riittävästi ihmisen tai muun eläimen solua ja malli toimii soluaineenvaihdunnan tasolla sitä simuloiden, voidaan perimän virheiden vaikutuksia ja lääkkeiden ja ravintoaineiden vaikutuksia solun toimintaan tutkia tarvitsematta oikeita fyysisiä soluja. Tämä lisää tutkimusten nopeutta ja vaivattomuutta sekä vähentää tai poistaa koe-eläinten tarpeen. Toisena tärkeänä teknologian sovelluksena mallia voidaan käyttää keinotekoisten solujen suunnittelussa. Kun solu saadaan toimimaan halutulla tavalla, voidaan sen perustana oleva perimä koodata todelliseen DNA:han ja siirtää aitoon soluun, jonka oma DNA on eliminoitu. Keinosolut voivat suorittaa erilaisia tehtäviä, kuten torjua saasteita, tuottaa energiaraaka-aineita tai muita raaka-aineita ja tuottaa tavaroita.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.theverge.com/2012/7/20/3171866/stanford-computational-cell-model, http://www.newscientist.com/article/dn23266-craig-venter-close-to-creating-synthetic-life.html ;

Kehityksen kärki tai kärjet: Stanfordin tutkijat ovat tehneet laskennallisen mallin Mycoplasma genitalium -bacterista. Craig Venter Institute on simuloinut ensimmäisen kerran koko elävän soluorganismin välttämättä tarvitsemat geenit.

Sovellusalueita: lääketiede, lääketeollisuus, energiateknologia, ruokatuotanto.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Tieteellinen kiinnostavuus: erittäin suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, **1.5**, 1.7, **1.8**, **1.9**, **1.10**, **1.11**, 1.12, **1.13**, **1.14**, 1.16

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, erityisesti kantasolujen tuntemus, 3.2.3 biotalous

2.69 Soluviljelty liha ja lihan kaltainen kasviproteiini *

Ingressi: Lihatuotannon tarvitsema rehunkasvatus kuluttaa nykyisellään yhä merkittävämmän määrän viljelypinta-alasta. Lihakarjan korvikkeeksi ihmisen tarvitsemien proteiinien lähteenä kaavaillaan toisaalta geenimanipuloituja kasveja tai olemassaolevien kasvien tasapainotettuja seoksia ja toisaalta eläinperäisten lihassolujen kasvattamista soluviljelmissä. Soluviljelmä on teoreettisesti huomattavan tehokas proteiinintuotantotapa karjankasvatukseen nähden, jos prosessi vain opitaan hallitsemaan ja lopputulos saadaan rakenteen, maun ja ravitsevuuden puolesta hyväksi. Viljelty proteiini ratkaisee myös eläinsuojeluun liittyviä kysymyksiä ravinnon riittävyyden ja ravitsevuuden lisäksi.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/In_vitro_meat
http://www.guardian.co.uk/science/2013/jan/05/the-future-of-food,
http://spectrum.ieee.org/energy/environment/the-better-meat-substitute,
http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2416808/Artificial-egg-PLANTS-backed-Bill-Gates-set-revolutionize-cooking-goes-sale-Whole-Foods.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Vuoden 2013 alussa professori Mark Post ryhmineen valmisti ensimmäisen kerran keinolihasta pihvin, joka ei hampurilaisessa poikennut ulkomuodoltaan ja ominaisuuksiltaan naudanlihasta valmistetusta hampurilaisesta. Pihvin

syöminen näytettiin ensimmäisen kerran julkisesti Turussa 7.6.2013 ruuan tulevaisuutta käsitelleessä seminaarissa.

Sovellusalueita: Korvaa lihaa olennaisesti tehokkaammin ravinteita käyttävänä kuin eläimestä tehty liha. Myös ilmastovaikutuksiltaan ratkaisevasti tavanomaista lihaa parempaa. Edistää eläinten oikeuksien ottamista huomioon.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, **1.5**, 1.13, 1.19, 1.20

Osaamisperusta: Kantasolutekniikan hyvä tuntemus, markkinaläsnäolo kapea alalla 3.2.3 biotalous

2.70 Robottijalat ja liikkumista vahvistava haarniska ****

Ingressi: Monet raskaat tehtävät vaativat hankalasti käytettäviä koneita. Tutkijat ovat kehittäneet päälle puettavia motorisoituja varusteita, joiden avustamana ihminen kykenee nostamaan ja kuljettamaan kävellen mukanaan huomattavan raskaita kuormia. Näitä apuvälineitä, erityisesti robottijalkoja, on kehitetty myös vanhuksille ja muutoin heikkojalkaisille. Robottijalat aistivat ihmisen lihasten jännittyneisyydestä liikkumisaikomuksen ja vahvistavat sitä. Käyttökokemuksessa pyritään mahdollisimman luonnolliseen liikkumiseen. Robottijalkoja on kehitetty myös alaraajahalvauspotilaiden käyttöön. Näitä ohjataan käsien liikkeillä. Terveen ihmisen avustajana robottihaarniska säästää raskaassa työssä vammautumiselta ja väsymiseltä, heikkojalkaiselle se mahdollistaa liikkumisen ilman rollaattoria ja liikkumisen portaissa toimien samalla tehokkaana kuntouttajana. Alaraajahalvauspotilaiden elämän robottijalat muuttavat mahdollistaen itsenäisen liikkumisen samalla tasolla ja vapaudella muiden ihmisten kanssa tarvitsematta apua.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://corporate.honda.com/innovation/walk-assist/, https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=OBmrPDBO2ic; , http://www.youtube.com/watch?v=OW2pBLQLHj0, http://www.extremetech.com/extreme/164638-how-to-make-a-brain-perceive-an-exoskeleton-as-its-new-body, http://www.designboom.com/technology/ekso-bionic-suit-wearable-robot-allows-paraplegics-to-walk/

Missä kärki kulkee: Cyberdyne-yhtiön HAL vahvistaa heikkolihaksisen ihmisen jalkoja ja käsiä jopa kymmenkertaiseksi. Kaupallistumista odotetaan kahden vuoden kuluessa ja ennakkoarvio hinnaksi on noin 20.000$.

Sovelluksia: Vajaakuntoisten liikkumisen edistäminen, raskaiden tavaroiden siirto, sotilasteknologia, kuntoutus, viihde ja retkeily.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, **1.3**, 1.4, 1.7, 1.8, **1.9**, 1.11, 1.12, **1.14**, **1.15**, **1.16**, 1.18, **1.19**, **1.20**

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.15 tavaralogistiikka ja 3.1.16 tietotekniikka

Keskeiset mahdollistavat materiaalit ja teolliset raaka-aineet

Tähän ryhmään on koottu radikaalit teknologiset ratkaisut, joiden keskeinen tarkoitus on monikäyttöisen materiaalien valmistus tai aikaansaadun materiaalin selkeä raaka-aineenomainen mekaaninen, kemiallinen tai sähköinen ominaisuus. Energiamateriaalien tuotanto käsitellään erikseen.

2.71 Geenimuunnellut organismit monikäyttöisten materiaalien tuottajina ***

Ingressi: Ruuan ja energian niukkuudesta huolimatta yhteiskunta käsittelee valtavan määrän biomateriaaleja jätteenä. Esimerkiksi viljan viljelyssä syntyy viljan ohella kaksin- tai kolminkertainen määrä selluloosaa. Maapallolla kasvaa vuosittain 180 miljardia tonnia selluloosaa, enemmän kuin kaksikymmentä tonnia maapallon asukasta kohden. Tutkijat kehittävät bakteereja, jotka kykenevät muuttamaan selluloosan tärkkelykseksi, alkoholiksi tai muuksi tarpeelliseksi ja helposti käytettäväksi ruoka-aineeksi, polttoaineeksi tai tavaroiden raaka-aineeksi. Pienemmässä mittakaavassa kehitetään bakteereja, joiden muunneltuja geenejä aktivoimalla saadaan bakteerit kasvattamaan toimivia pattereita ja jopa aurinkopaneeleita. Geenimuuntelun avulla kasvit ja eläimet saadaan tuottamaan lääkeaineita, hyvin lujia kuituja ja monimutkaisia materiaalirakenteita, joihin perinteiset prosessit eivät tehokkaasti kykene.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://news.sciencemag.org/sciencenow/2013/04/could-wood-feed-the-world.html,
http://blogs.discovermagazine.com/notrocketscience/2012/01/03/genetically-engineered-silkworms-with-spider-genes-spin-super-strong-silk/#.UWkvShzF98E,
http://www.youtube.com/watch?v=4Y8pGBfNNDs&feature=player_embedded,
http://www.greencarcongress.com/2011/05/asu-20110503.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Selluloosan muuntaminen ensyymeillä tärkkelykseksi. Erityisen lujan silkin valmistus geneettistä muuntelua hyödyntämällä. Akkujen ja aurinkopaneelien valmistus bakteerien geenimuuntelun avulla.

Sovellusalueita: Energiaraaka-aineiden tuottaminen, ravinnon tuotanto, lujemmat materiaalit ja monimutkaiset hienojakoiset pintarakenteet.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus: erittäin suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, **1.5**, **1.11**, **1.13**, **1.14**, 1.17

Osaamisperusta: GMO-asenteet Suomessa yleisesti negatiivisia, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.5 mekaaninen puu,3.1.8 paperi ja pahvi 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.2.3 biotalous

2.72 Äärimmäisen tiheät, kvantti-ilmiöt huomioon ottavat prosessorit ****

Ingressi: Intelin Gordon Moore arvioi 1965, että edullisesti toteutetuissa mikropiireissä transistorien määrä kaksinkertaistuu noin kahden vuoden välein. Näin on tapahtunut sen jälkeen ja transistoreita on tiheimmissä mikropiireissä nyt useita miljardeja. Transistorimäärällä on suora vaikutus muistipiirien kokoon ja olennainen merkitys myös prosessointitehoon. Mooren lain jatkuminen on edellyttänyt jatkuvia innovaatioita. Monet asiantuntijat ovat arvelleet kehityksen törmäävän 2010-luvulla kvanttitason ilmiöihin transistorien koon pienennyttyä jo lähelle niiden vaikutusaluetta. Useat tuoreet keksinnöt näyttävät osoittavan, että esteet ovat ratkaistavissa ja Mooren lain mukaan voidaan edetä vielä ainakin vuosikymmenen ajan. Tämä merkitsee noin satakertaista transistoritiheyttä nykyisiin piireihin verrattuna. Keinoina ovat uudet hiilipohjaiset materiaalit, kolmiulotteiset transistorit, kvantti-ilmiöiden huomioonotto, spintroniikka ja valoon pohjautuva logiikka. Kasvavia tiheyksia tarvitaan hyvin monissa uusissa sovelluksissa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://newsroom.intel.com/community/intel_newsroom/blog/2011/05/04/intel-reinvents-transistors-using-new-3-d-structure; http://www.theglobeandmail.com/technology/tech-news/quantum-chip-breakthrough-to-unleash-ultra-fast-computing/article4516380/. http://www.techweekeurope.co.uk/news/ibm-carbon-nanotube-chip-97557, http://www.techweekeurope.co.uk/news/ibms-9nm-carbon-nanotube-transistor-outperforms-silicon-56872

Kehityksen kärki tai kärjet: Intelin uusi 22 nanometrin kaistanleveyden 3-ulotteinen transistori, monien yritysten, kuten Nokian uudet valon ja kvanttitekniikan hyödyntämiseen perustuvat silikonipohtaiset lastut avaavat tietä tehonlisäyksille erityissovelluksissa. IBM on onnistunut toteuttamaan hiilinanoputkien avulla 9 nanometrin transistorin ilman tiheille transistoreille ongelmallista lämpenemistä.

Sovellusalueita: Mooren lain jatkuminen laskentaprosessoreiden kehityksenä, nopea ja pienessä tilassa tapahtuva radikaalisti nopeampi laskenta vaikuttaen mm. tiedon salaukseen ja simuloinnin sekä optimoinnin mahdollisuuksiin, hahmontunnistukseen laajoissa aineistoissa sekä virtuaalitodellisuuden sovelluksiin pelien, viihteen, robotiikan ja kommunikoinnin alueilla. Epäsuorasti vaikuttaa merkittävästi lähes kaikkeen tulevaan kehitykseen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, **1.4**, 1.5, **1.6**, **1.7**, **1.8**, **1.9**, 1.10, **1.11**, **1.12**, **1.13**, 1.14, **1.15**, 1.16, 1.17, **1.18**, **1.19**, 1.20

Osaamisperusta ja markkinaläsnäolo: Vähäinen

2.73 Uudet teräsbetonin korvaavat rakennusmateriaalit *

Ingressi: Teräs ja betoni ovat suuressa roolissa urbaanissa rakennetussa ympäristössä. Kumpikin aiheuttaa suuren määrän hiilidioksidipäästöjä ja sitoo energiaa. Kumpikin lisäksi kestää vain rajallisen ajan ja aiheuttaa merkittävän kunnossapitokustannuksen. Betonin korvikkeita on kehitetty ja useita vaihtoehtoisia ratkaisuja saatu kaupallistamisvaiheeseen ja tuotekehityslaboratorioiden raportit lupaavat uusia läpimurtoja. Puukuitujen, tulivuorentuhkan, muovien ja nanoselluloosan lisäämistä betoniin on tutkittu erityisesti.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.youtube.com/watch?v=eBj-7z5LUAE, http://www.greenconcreteonline.com/, http://www.grancrete.net/, http://www.businessweek.com/articles/2013-06-14/ancient-roman-concrete-is-about-to-revolutionize-modern-architecture, http://phys.org/news146851488.html, http://www.atp.nist.gov/eao/sp950-3/strongwell.pdf

Kehityksen kärki tai kärjet: Antiikin roomalaisten betoni oli huomattavasti nykyistä kestävämpää ja sen ainesosat on nyt selvitetty. Grancrete ja muut kaupallistumisvaiheessa olevat betonin ja valettavien keraamisten aineiden korvaajat tarjoavat huomattavia etuja nykyisin yleisiin rakennusmateriaaleihin verrattuna.

Sovellusalueita: Rakentaminen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.11, **1.13**, **1.17**

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.3 rakentaminen, 3.1.5 mekaaninen puu

2.74 Antibakteeriset ja muut likaa hylkivät materiaalit ja pinnat ****

Ingressi: Bakteerit ja virukset sekä home aiheuttavat merkittäviä haittoja ihmisille ja ympäristölle. Mikrobit leviävät usein pintojen kautta kosketuksessa. Nanoteknologian avulla on tuotettu pintamateriaaleja ja pintakäsittelyitä, joiden avulla jopa tekstiilipinnat

saadaan mikrobeja hylkiviksi tai tuhoaviksi. Monet näistä menetelmistä perustuvat nanorakenteisen hopean tai titaanidioksidin käyttöön. Pintakäsittely suojaa käsittelytavasta riippuen mikrobeilta, homeelta tai likaantumiselta yleensä, ja käsittelystä hyötyvät lääketieteelliset instumentit, annosteluvälineet, astiat, käsiteltävät pinnat, rakenteet, tekstiilit, elintarviketeollisuuden, kemiantellisuuden ja maatalouden välineistö.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.nanovations.com.au/Press%20Release/Paint%20technology%20from%20Nanovations.pdf, http://www.nanonext.net/nanonext/shoppingcart/products/Nano-Textile-Coating-AntiMicrobial--with-TiO2-.html,
http://www.bluenanoinc.com/applications/antimicrobial.html,
http://www.youtube.com/watch?v=IfUaKXasdD4

Kehityksen kärki tai kärjet: Hopean antibakteeriset ominaisuudet on tunnettu kauan, mutta nanorakenteina ominaisuudet tehostuvat huomattavasti. Fraunhofer ja Bioni ovat kehittäneet maalipintoihin sopivan emissiovapaan hometta ja bakteereja hylkivän nanorakenteista hopeaa sisältävän yhdisteen.

Sovellusalueita: Rakentaminen, terveydenhuolto, elintarviketeollisuus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri, mm. vettä hylkiviä pintoja tutkitaan aktiivisesti

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.3, **1.5**, 1.6, **1.8**, **1.9**, **1.11**, **1.13**, **1.17**

Osaamisperusta: T&K laajaa Suomessa, markkinaläsnäolo voimakas aloilla 3.1.3 rakentaminen**,** 3.1.5 mekaaninen puu, 3.1.6 muoviraaka-aineet, 3.1.7 teräs- ja alumiiniteollisuus, 3.1.8 paperi ja pahvi, 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.2.1 cleantech, 3.2.3 biotalous

2.75 Nanohiililanka **

Ingressi: Kuituja ja lankoja käytetään esimerkiksi vetoköysinä, kankaina, johtimina ja sidosaineina. Nanohiiliä opitaan tuottamaan yhä tehokkaammin ja nanoputket ovat sähkönjohtimia. Nanoputken vetolujuus on noin 20 kertaa teräksen vetolujuutta suurempi. Hiilinanoputkista kehrätyt langat johtavat sähköä ja vaikka ne koostuvat erillisistä katkonaisista osista, on kehrätty lanka huomattavan lujaa, ja siitä kudottu kangas esimerkiksi Kevlaria lujempaa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=4XDJC64tDR0,
http://www.theregister.co.uk/2013/01/14/carbon_nanotube_threads_spun/
http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=4XDJC64tDR0

Kehityksen kärki tai kärjet: Rice-yliopiston tutkijat ovat kehittäneet prosessin, jolla nanohiililankaa voidaan tuottaa teollisessa mittakaavassa. Kehrätty lanka on paksuudeltaan hiuksenohutta, vetolujuudeltaan kymmenen kertaa terästä lujempaa, taipuisaa ja sähkönjohtavuudeltaan kuparia vastaavaa.

Sovellusalueita: Tekstiiliteollisuus, elektroniikkateollisuus, sotilasteknologia, robotiikka, koneet ja laitteet, rakennusteollisuus.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri, nanokuituja tutkitaan aktiivisesti

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.11, **1.12**, 1.13, 1.14, **1.16**, 1.17

Osaamisperusta: Suomalaisilla varsin korkeatasoista nanoputkiin liittyvää osaamista, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.6 muoviraaka-aineet, 3.18 paperi ja pahvi, 3.1.15 tavaralogistiikka

2.76 Nanohiilet suolan tai bakteerien poistossa ja muussa erotustekniikassa *

Ingressi: Nykyiset menetelmät puhtaan makean veden tuottamiseksi kuluttavat runsaasti energiaa tai arvokkaita kertakäyttöisiä suodattimia. Nanohiilten on havaittu läpäisevän vettä helposti ja suodattavan ei-toivottuja materiaaleja, kuten suolaa siten, ettei prosessissa tarvita suuria paineita eikä kuluteta arvokkaita materiaaleja. Suodattimia käytetään myös bioteknologiaan liittyen erotustekniikassa eroteltaessa biomassasta hyväksikäytettäviä ainesosia.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.sciencedaily.com/releases/2011/03/110314140632.htm
http://cleantechnica.com/2012/07/06/mit-researchers-use-graphene-for-energy-efficient-desalination/ http://cen.acs.org/articles/91/web/2013/02/Carbon-Nanotube-Coated-Filters-Foil.html, http://www.popsci.com/technology/article/2013-03/smooth-refreshing-seawater, http://gizmodo.com/5990876/lockheeds-new-carbon-filter-takes-all-the-effort-out-of-desalinization, http://news.discovery.com/tech/tiny-channels-take-salt-from-seawater-130628.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: Tutkijat kehittävät ratkaisuja sekä hiilinanoputkien että grafeenin avulla. Laboratoriossa saadut tulokset lupaavat kymmenkertaista juomakelpoi-

sen veden saantoa käytettyyn energian määrään nähden. Lockheed Martinin asiantuntija pitää mahdollisena jopa satakertaista energiatehokkuutta aiempiin suolanpoistomenetelmiin verrattuna. Lockheedin projekti tähtää prototyyppiin vuoden 2013 aikana.

Sovellusalueita: Juomakelpoisen veden tuottaminen merivedestä tai heikkolaatuisesta makeasta vedestä.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Tieteellinen kiinnostavuus erittäin suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.5, 1.8, **1.11**, 1.13, 1.14, 1.17, 1.20

Osaamisperusta: Suomalaisilla varsin korkeatasoista nanoputkiin liittyvää osaamista, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.8 paperi ja pahvi, kuituosaaminen 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.2.1 cleantech, 3.2.3 biotalous

2.77 Nanohiili lujitteena tai toiminnallisena pintana **

Ingressi: Lähes kaikki ihmisen tekemät ja käyttämät pitkäaikaiseen käyttöön tarkoitetut artefaktit pinnoitetaan. Tavoiteltua rakenteellista tai toiminnallista ominaisuutta ei saada tavallisesti yhdistettyä pinnan ominaisuuteen. Materiaaleja myös usein sekoitetaan toisiinsa, vaikka kemiallista reaktiota ei tapahtuisi. Yhdistelmistä käytetään nimitystä komposiitti. Seosmateriaalit voivat toimia lujitteena, sidosaineena, sähkönjohteena, kovettimena, lisäämässä tai vähentämässä painoa, huokoisuutta, joustavuutta tai muuta materiaalin ominaisuutta. Nanohiilten monet ominaisuudet tekevät niistä sekä monella tavalla toiminnallisia pintamateriaaleja ja materiaalin ominaisuuksia muuttavia seosaineita. Grafeeni toimii esimerkiksi tehokkaana korroosiota estävänä pintana ja lujitteena, nanoputket sähkön johteina ja lujitteina. Nanohiilillä on esimerkiksi optisten ominaisuuksiensa ja piezosähköisten ominaisuuksiensa ansiosta käyttöä pintojen tuntoherkkyyden ja ulkonäön muokkaamisessa ja muissa toiminnallisissa pinnoissa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://media.uow.edu.au/news/UOW118285.html, http://www.futurity.org/science-technology/graphene-coating-stops-corrosion-100x-better/, http://www.rsc.org/chemistryworld/2012/10/graphene-lightest-framework-oil-clean-flame-resistant, http://news.discovery.com/tech/nanotechnology/top-10-uses-worlds-strongest-material-130212.htm, http://phys.org/news/2013-04-super-nanotubes-remarkable-spray-on-coating-combines.html, http://phys.org/news/2012-02-nanodiamond-coatings-safe-implants.html, http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn800445z, http://www.nano.org.uk/articles/29/, https://machineslikeus.com/news/researchers-reach-ultimate-carbon-nanotube-goal, http://nextbigfuture.com/2013/06/high-strength-chemical-vapordeposited.html

Kehityksen kärki tai kärjet: pinnotteissa nanotimantit edustavat jo toimivuutensa osoittanutta kärkeä ja lujitteissa nanoputket ovat tulossa yhä keskeisemmiksi. Suurimmat lupaukset näyttäisivät kuitenkin liittyvän grafeeniin. Jos kuitenkin nanoputkien sähkönjohtavuuteen liittyvät ongelmat ovat raportoidulla tavalla ratkeamassa, tämän nanohiilen käyttömahdollisuudet paranevat olennaisesti.

Sovellusalueita: Materiaalien lujuuden lisääminen ja toiminnallisten pintojen tuottaminen, teolliset tuotteet, elektroniikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri, nanokuitujen tutkimus aktiivista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.9, 1.10, **1.11**, **1.12**, 1.15, 1.16, **1.17**

Osaamisperusta: Suomalaisilla varsin korkeatasoista nanoputkiin liittyvää osaamista, markkinaläsnäolo olennainen alalla 3.1.6 muoviraaka-aineet, lähinnä pakkausteollisuus ja pintamateriaalit, 3.1.8 paperi ja pahvi, kuituosaaminen

2.78 Nanosellu ja mikrokuitusellu ****

Ingressi: Selluloosa koostuu pitkistä kuiduista. Kuituja sopivasti pilkkomalla saadaan aikaan ns. mikrokuituja tai nanosellua, jonka ominaisuudet poikkeavat olennaisesti tavallisesta selluloosasta. Se on huomattavan lujaa ja kevyttä. Lujuus voi vastata kevlaria. Huokoisuus, keveys ja kyky heijastaa valon eri aallonpituuksia sekä läpinäkyvyys kuuluvat nanosellun mahdollisiin ominaisuuksiin. Nanosellua tuotetaan jo tuhansia kiloja päivittäin, mutta monet sovellukset vaativat nanosellulta rakenteita, jotka hallitaan vasta laboratoriomittakaavassa. Nähtävissä on, että nanosellusta voisi tehdä esimerkiksi auton koreja, ikkunoita, näyttölaitteita, suodattimia, kantavia rakenteita, turva-asusteita ja kokonaan uusia, joustavuutta, toiminnallisuutta ja lujuutta edellyttäviä osia esimerkiksi robotiikkaan.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.newscientist.com/article/mg21528786.100-why-wood-pulp-is-worlds-new-wonder-material.html, http://gizmodo.com/5994113/7-incredible-uses-for-nanocellulose, http://www.theverge.com/2013/4/8/4195982/nanocellulose-wonder-material-produced-from-algae-solar-energy, http://www.aalto.fi/en/current/magazine/04/ever-finer_cellulose/, http://www.kcpk.nl/algemeen/bijeenkomsten/presentaties/20130130-nanocellulose

Kehityksen kärki tai kärjet: Nanosellua tai mikrokuitusellua tuottavat mm. Stora-Enso ja UPM, sen ominaisuuksia tutkitaan maailmalla laajalti, mm. Aalto-yliopistossa.

Sovellusalueita: Koneet ja laitteet, rakentaminen, prosessiteollisuus, tekstiiliteollisuus, kalusteteollisuus, robotiikka, elektroniikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Tieteellinen kiinnostavuus: suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.5, **1.11**, **1.12**, **1.13**, 1.15, 1.16, **1.17**, 1.20

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo voimakas alueella 3.1.8 paperi ja pahvi, kuituosaaminen

2.79 Nanotasolla levitoivat materiaalit *

Ingressi: Casimir-efekti on yksi ydinfysiikan akuuteista tutkimuskohteista. Kitka on yksi sen sauraukset. Casimir-voiman voi hyvin pienessä mittakaavassa kääntää määrätyn muotoisilla nanopinnoilla työntövoimaksi ja saada kappaleen levitoimaan. Negatiivinen Casimir-voima on demonstroitu, mutta ilmiöön perustuvaa levitaatiota ei vielä ole saatu aikaan. Kyse on pienestä voimasta, joka on merkittävä painovoimaan nähden ainoastaan nanomittakaavassa, mutta voi nanomittakaavan koneissa auttaa toteuttamaan kitkattomia laakereita ja pintoja nanomittakaavan koneisiin.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://phys.org/news/2012-07-quantum-levitation-nano.html, http://www.sciencedaily.com/releases/2012/04/120418135132.htm , http://www.st-andrews.ac.uk/~ulf/levitation.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Japanilainen tutkija Norio Inui on laskenut, että nanometrin paksuinen yttrium-levy leijuu puolen mikrometrin korkeudella sen alla olevan kultapinnan päällä. Federico Capasso on osoittanut käänteisen Casimir-voiman olevan mitattavissa. Levitaatiota ei ole käytännössä osoitettu.

Sovellusalueita: Nanokokoisten koneiden kitkattomat pinnat ja laakerit.

Ratkaisun valmius markkinoille: 1, tieteellinen löydös

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.11, 1.12, 1.16

Osaamisperusta: Vähäinen

2.80 Kevyet ja lujat materiaalit ***

Ingressi: Käytettyjen materiaalien paino on tärkeä rajoittava tekijä monia koneita ja rakenteita suunniteltaessa. Rakennusten alempien kerrosten tulee esimerkiksi kyetä kantamaan ylempien kerrosten painon. Lentokoneissa nosteen tulee olla riittävä, jotta koneen

paino kuormineen pysyy ilmassa. Materiaaliteknologia tuottaa yhä kevyempiä materiaaleja, ja niiden avulla voidaan suunnitella rakenteita, koneita, laitteita ja muita välineitä, joiden suunnittelu aiemmilla materiaaleilla ei olisi ollut mahdollista. Aerografiitti ja aerogeelit ovat esimerkkejä kevyistä uusista materiaaleista. Kevyimmillään nämä materiaalit painavat saman verran kuin ilma, eli noin gramman litraa kohden, mutta tulee ottaa huomioon, että ne ovat huokoisia ja käytännössä sisältämänsä ilman kanssa painavat siis merenpinnan tasossa kaksi grammaa. Mainitun kahden gramman painoinen aerogeelin pala kannattaa rikkoutumatta yli kahden kilon painoisen tiiliskiven. Aerogeeli muistuttaa kosketuksessa tyypillisesti styroksia. Aerografiitti on keksitty 2012, ja se painaa ainoastaan 0.18 grammaa litra. Aerografiitti koostuu hiiliputkista ja on monilta ominaisuuksiltaan aerogeelejä parempi materiaali. Erityisen lupaavia nämä materiaalit ovat pienten ilmaalusten rakenneosina sekä välineissä, joita ihmisten tulee kantaa mukanaan tai, joista tulisi kantaa tai kannatella. Pitkät riippusillat esimerkiksi olisivat painonsa puolesta varsin ongelmattomia aerografiitista tehtyinä. Korkeiden rakennusten hissien vaijerit painavat nykyään huomattavasti hissiä enemmän ja vastaavia painon aiheuttamia ongelmia on paljon.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/Aerogel, http://en.wikipedia.org/wiki/Aerographite , http://www.kone.com/corporate/en/Press/Releases/Pages/New-KONE-UltraRope(TM)-elevator-hoisting-technology-enables-the-next-big-leap-in-high-rise-building-design-2013-06-10.aspx, http://web.mit.edu/newsoffice/2013/how-to-make-big-things-out-of-small-pieces-0815.html

Kehityksen kärki tai kärjet: Aerografiitti on kehitetty Kielin yliopiston ja Hampurin yliopiston yhteistyönä ja on kevyiden materiaalien tämän hetken huippusaavutus. Materiaalia on toistaiseksi tuotettu vain rajallinen määrä. Yksi sovelluksista on superkondensaattori materiaalin sähköisten ominaisuuksien ja laajan pinta-alan vuoksi.

Sovellusalueita: Kaikki kevyet rakenteet ja keveydestä hyötyvät laitteet sekä aerografiitin kohdalla sähkölaitteet.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.3, 1.6, 1.9, **1.10**, **1.11**, **1.12**, **1.13**, 1.14, 1.15, 1.16, **1.17**

Osaamisperusta: Nanoteknologian ja materiaaliteknologian osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.3 rakentaminen, 3.1.6 muoviraaka-aineet, nanoputkiosaaminen, 3.1.8 paperi ja pahvi, kuituosaaminen

2.81 Ruiskutettavat tekstiilit **

Ingressi: Tekstiilit kudotaan, leikataan ja ommellaan, sovitetaan ja ostetaan. Tämä on tyypillinen valmisvaatteiden prosessi. Vaihtoehtona on mittojen ottaminen, kaavojen

muokkaaminen, kankaiden leikkaaminen ja sovittaminen. Kankaat ovat kuituja, ja kuitujen kehitys on mahdollistanut niiden ruiskuttamisen. Kyse ei ole kudotusta kankaasta, mutta ruiskuttamalla syntyvällä materiaalilla on monia kudotun kankaan ominaisuuksia. Se voidaan ruiskuttaa mallinuken päälle tai suoraan vaatteen käyttäjän päälle. Käytännöllistä prosessin kannalta olisi, että täysin ihonmyötäistä väljempiä vaatekertoja varten tulostettaisiin 3D-tulostimella oman kehon muotoinen mallinukke, jonka päälle halutut asusteet sitten ruiskuttettaisiin. Ruiskutettavilla kuiduilla on vaatetuksen lisäksi käyttönsä sidetarvikkeina terveydenhuollossa ja koneiden sekä laitteiden pinnoitteena.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.youtube.com/watch?v=ScvdFeh1aOw, http://www.fabricanltd.com/

Kehityksen kärki tai kärjet: Fabrican on ruiskutettavien tekstiilien keksijä. Patentti on vuodelta 2000, ja teknologia on markkinoilletulovaiheessa.

Sovellusalueita: Vaatetusliikkeet, muotitalot, terveydenhuolto, robotiikka, viihde.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.4, 1.8, 1.9, **1.11**, **1.15**, **1.17**, 1.18. 1.19

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.6 muoviraaka-aineet, nanoputkiosaaminen, 3.1.8 paperi ja pahvi, kuituosaaminen, 3.1.10 kemialliset raaka-aineet, 3.1.15 tavara- ja henkilölogistiikka

Energiateknologia

Tähän ryhmään on koottu radikaalit teknologiset ratkaisut, joiden keskeinen tarkoitus on energian tuottaminen, varastointi tai siirto.

2.82 Nopeasti halventuva aurinkoenergia ****

Ingressi: Aurinkoenergia ei ole uusi keksintö. Aurinkoenergian avulla on jo kauan lämmitetty vettä eteläisissä maissa ja tuotettu sähköä siellä, mihin sähköverkko ei ole edullisemmin tuotettua sähköä toimittanut. Aurinkopaneelit ovat kuitenkin aiemmin olleet niin työläitä valmistaa, etteivät ne ole koko käyttöaikanaan tuottaneet sitä määrää energiaa, joka niiden valmistukseen on kulunut. Aurinkopaneelien keskihinta asennettuna on laskenut USA:n DOE:n tutkimuksen mukaan seitsemän prosenttia vuosittain viimeiset kolmekymmentä vuotta. Kehityksen odotetaan jatkuvan ja aurinkosähkön tuotantokustannuksen arvellaan Yhdysvalloissa aurinkoisimmilla alueilla alittavan sähkön jälleenmyyntihinnan 2015 ja koko valtakunnan alueella alittavan sen keskimäärin 2018. Hinnan arvellaan laskevan tämän jälkeenkin, koska tuotantomäärät nousevat, prosessit kehittyvät ja

perusteknologiassa on näköpiirissä merkittäviä läpimurtoja sekä kustannustasossa että tehokkuudessa. Auringon paistaessa neliömetrille maanpintaa kohdistuu kilowatin suuruinen teho, josta nykyisin tunnetuin tekniikoin on mahdollista saada 10-50 % muutettua sähköksi. Neliökilometrin alue aurinkopaneeleita tuottaa 10 % teholla 100 Megawattia. Aurinkopaneelien tuottaman sähkön kustannuksen alittaessa sähkön kuluttajahinnan, kuluttajat asentavat aurinkopaneeleja katoilleen ja pihoilleen kiihtyvässä määrin aiheuttaen sähkön kysyntään merkittäviä heilahduksia. Energian hinta kokonaisuudessaan alkaa nopeasti laskea 2020-luvulla tehden monista nyt suunnitelluista voimalaitosinvestoinneista kannattamattomia.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/2011/03/16/smaller-cheaper-faster-does-moores-law-apply-to-solar-cells/ ,
http://yle.fi/uutiset/aurinkoenergiasta_tulossa_halpa_bulkkituote_-_minivoimala_rullatavarana_rautakaupasta/6607407,
http://www.nature.com/srep/2012/121123/srep00884/full/srep00884.html,
http://solarroadways.com/intro.shtml

Kehityksen kärki tai kärjet: Aurinkokennoja tutkitaan ja kehitetään jatkuvasti useissa eri maissa, myös Suomessa. Kustannustehokkain on edelleen piihin perustuva teknologia, mutta nanohiiliin perustuviin tekniikoilta odotetaan paljon. Ruukki tuottaa aurinkopaneeleita ulkoseinäelementteihinsä valmiiksi integroituna. Solar Roadways kehittää ratkaisua, jossa ajotiet pinnoitettaisiin aurinkopaneeleilla.

Sovellusalueita: Energiatuotanto voimalaitoksissa, haja-asutusalueilla ja kiinteistöissä.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, **1.3**, **1.5**, **1.11**, **1.13**, **1.14**, **1.17**, **1.18**, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen aloilla3.1.3 rakentaminen, 3.1.4 sähkölaitteet, teräs- ja alumiiniteollisuus, 3.1.12 meriteollisuus, 3.2.1 cleantech, 3.2.2 arktinen teknologia

2.83 Tehokkaat kevyet aurinkopaneelit **

Ingressi: Mobiililaitteissa, kuten ihmisen mukanaan kantamissa varusteissa, autoissa, veneissä ja lennokeissa sekä lentokoneissa polttoaineen tai energiavaraston kuljettaminen ei ole aina käytännöllistä. Pinta-alan ollessa rajallinen, aurinkopaneelien hyötysuhde on usein olennaisempi kuin niiden kustannus. Useissa sovelluksissa myös paino on olennainen tekijä. Nanohiilten avulla kehitettävät aurinkopaneelit ovat joustavia ja kevyitä, mutta niiden hyötysuhde ei vielä ole erityisen korkea. Perustutkimuksen havainnot näyttäisivät

kuitenkin lupaavilta, ja on odotettavissa, että nanohiiliin perustuen voidaan saada samanaikaisesti sekä tehokkaita että kevyitä aurinkopaneeleja, jotka ovat lisäksi rullattavissa tai taitettavissa kokoon tarvittaessa. Veneissä ja pyörillä kulkevissa kulkuvälineissä paino ei ole erityisen olennainen kysymys ja perinteiset piipohjaiset paneelit ovat käyttökelpoisia näissä tilanteissa kunnes nanohiilipohjaiset tai muut ratkaisut hyötysuhteessa ne ohittavat. Tulevaisuudessa autojen katot oletettavasti paneloidaan, pysäköidessä rullat levitetään laajemmiksi, lennokit keräävät lentämiseen tarvittavan energian kulkiessaan, retkeilijöiden teltat keräävät aurinkoa, kuten myös erilaiset aurinkovarjot ja muut tilapäisesti levitettävät mukana kuljetettavat pinnat.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.technologyreview.com/news/511751/research-hints-at-graphenes-photovoltaic-potential/, http://yle.fi/uutiset/aurinkoenergiasta_tulossa_halpa_bulkkituote_-_minivoimala_rullatavarana_rautakaupasta/6607407, http://cleantechnica.com/2013/07/03/gaas-solar-cell-nanowires-could-boost-commercial-solar-module-efficiency-25/, http://phys.org/news/2013-06-future-bright-carbon-nanotube-solar.html, http://www.earthtechling.com/2013/06/mit-team-puts-super-thin-spin-oin-solar/, http://www.gizmag.com/spectrolab-solar-cell-efficiency-record/27000/, http://www.earthtechling.com/2013/06/mit-team-puts-super-thin-spin-oin-solar/, http://www.scienceworldreport.com/articles/8280/20130720/thinnest-light-absorber-record-new-tech-cleaner-energy.htm, http://www.itviikko.fi/teknologia/2013/08/10/kosketusnaytto-toimii-aurinkokennona--ei-enaa-scifia/201311070/7

Kehityksen kärki tai kärjet: Peter Lundin tutkimusryhmä Aalto-yliopistossa on yksi joustavien nanohiilipohjaisten aurinkopaneelien tutkijoista. Lund arvelee joustavien keveiden paneelien muuttuvan bulkkituotteiksi seuraavan kymmenen vuoden kuluessa. Ruotsalainen Sol Voltaics lupaa parantaa nykyisten aurinkopaneelien tehokkuutta 25% galliumarseniidista koostuvalla nanopintamateriaalilla. Wisconsi-Madisonin yliopiston tutkimusryhmä on saavuttanut äärimmäisen ohuella kokonaan nanohiiliin perustuvalla aurinkopaneelilla korkean konversiotehokkuuden, mutta valon absorptio on vielä alhainen. Ryhmä kuitenkin uskoo pääsevänsä silikonipohjaisten paneelien hyötysuhteeseen huomattavasti alhaisemmalla tuotantokustannuksella. MIT:n tutkijaryhmä suunnittelee tehokasta grafeenipohjaista kennoa kerrostamalla grafeenikennoja päällekäin.

Sovellusalueita: Sähköntuotanto liikkuvissa laitteissa, tilapäisesti levitettävillä pinnoilla ja muuten rajatuilla pinta-aloilla:

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 1.9, **1.10**, **1.11**, **1.12**, **1.13**, **1.14**, 1.15, **1.16**, 1.17, 1.18, 1.19

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.12 meriteollisuus, 3.2.1 cleantech, 3.2.2. arktinen teknologia

2.84 Keinotekoinen lehti, synteettisesti polttoainetta auringonvalosta ja hiilidioksidista *

Ingressi: Fotosynteesi on biologeille tuttu viherhiukkasen aikaansaama mekanismi, joka muuttaa auringonvaloa, vettä ja hiilidioksidia käyttäen glukoosia ja happea. Aurinkopaneeleissa valo pyritään muuttamaan suoraan sähköksi. Menettelyn ongelmana on sähkön varastointi niiksi ajoiksi, jolloin auringonvaloa ei ole saatavilla. Mikäli auringonvalo saadaan tuottamaan polttoainetta tehokkaasti, ratkeaa samalla varastointikysymys. Nanoteknologian avulla pyritään tuottamaan rakenteita, jotka katalysoivat fotonin synnyttämän vapaan elektronin avulla polttoaineeksi soveltuvia yhdisteitä. Kokeiluja on ollut ainakin vedyn, metaanin ja etanolin tuottamiseksi. Osa ratkaisuista on yhdistelmäratkaisuja, jotka tuottavat sähköä, milloin se on tarpeen ja muuttavat ylijäämän varastoitavaksi polttoaineeksi. Teknologian hyötysuhteen ja hinnan tulee kehittyä vielä suotuisasti, jotta se kilpailisi aurinkopaneelien ja akkuteknologian kanssa lyhytaikaisessa energian varastoinnissa. Teknologian voi kuitenkin arvioida jo lähitulevaisuudessa kilpailevan energiakasvien kanssa kustannustehokkuudessaan ja muuttuvan hyödylliseksi energian pitkäaikaisessa varastoinnissa esimerkiksi pohjoisissa olosuhteissa, joissa valoa on kesällä paljon, mutta talvella vähän.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.wired.co.uk/news/archive/2011-03/28/artificial-leaf, http://phys.org/news/2013-06-polymer-coated-catalyst-artificial-leaf.html, http://cleantechnica.com/2013/05/17/new-artificial-leaf-concept-could-blow-up-fuel-cell-market/ , http://www.tut.fi/fi/tietoa-yliopistosta/uutiset-ja-tapahtumat/vaitostiedotteet/bakteerit-tuottavat-vetya-ja-sahkoa-uusiutuvista-raaka-aineista-p040499c2, http://www.sciencedaily.com/releases/2013/07/130729111927.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: NIST on saavuttanut edulliseksi skaalattavalla teknologialla 2.9 prosentin hyötysuhteen, kun kasvien yhteyttämisen hyötysuhde on prosentin luokkaa. HZB:n ja TU Delft'n tutkijat ovat saavuttaneet 5% hyötysuhteen vedyn tuotannossa yhdistämällä piipohjaisen kalvomaisen aurinkokennon edulliseen metallioksidialustaan.

Sovellusalueita: Energian talteenotto ja varastointi, vedyn tuottaminen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.5, **1.11**, **1.12**, **1.13**, 1.14,1.15, 1.16, **1.17**, 1.20

Osaamisperusta: Vähäinen

2.85 Nestemäisten polttoaineiden tuotanto entsyymien, bakteerien ja levien avulla **

Ingressi: Kasvien yhteytysprosessien päätuotteita eli selluloosaa tai hemiselluloosaa voidaan nyt hyödyntää edullisesti energiana vain kuivaamalla ja polttamalla. Päätuotteista saatava energiahyöty lisääntyy olennaisesti, jos yhteytysprosessia tehostetaan nykyisestä noin 1%:sta vastaanotettua aurinkoenergiaa ja se suunnataan tuottamaan nestemäisiä polttoaineita kuten isobutanolia ja muita öljyperäisiä polttoaineita. Geenimanipuloinnin ja sopivien lajikkeiden etsimisen avulla leviä ja bakteereja pyritään kehittämään siten, että ne näin tuottaisivat energiaa tehokkaammin. Vaihtoehtoisesti kasvin selluloosaa/hemiselluloosa voidaan pyrkiä muuttamaan etanoliksi tai muuksi nestemäiseksi polttoaineeksi mm. käyttäen entsyymejä tähän tarkoitukseen.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.mae.ucla.edu/news/news-archive/2013/wei-yu-raises-1.6-million-for-biofuel-startup-based-on-research-from-chih-ming-ho2019s-micro-system-laboratories, http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2013/06/130617-electrofuels-using-microbes-to-make-biofuel/ http://www.forbes.com/sites/toddwoody/2012/02/22/new-enzyme-could-make-cellulosic-ethanol-competitive-with-fossil-fuels/, http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2013/01/09/vtt-leads-eu-project-to-develop-cellulosic-enzymes/

Kehityksen kärki tai kärjet: VTT on kuulunut johtaviin kehittäjiin maailmassa selluloosan ja hemiselluloosan muuntamissa nestemäiseksi polttoaineeksi entsyymejä hyödyntäen. Jatkuvista parannuksista huolimatta tuotettu polttoaine on kuitenkin edelleen öljyyn verrattuna kallista. Levien ja bakteerien hyödyntäminen on myös edelleen epätaloudellista, mutta useat tutkimuslaitoslähtöiset hankkeet ovat saaneet rahoituksen lupaavien hankkeiden jatkokehittämiseksi ja kaupallistamiseksi.

Sovellusalueita: Polttoainetuotanto.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, 1.3, **1.11**, **1.13**, **1.14**, 1.16

Osaamisperusta: Osaamista on ja markkinaläsnäolo voimakas, Suomi ja VTT kuuluvat merkittävimpiin selluloosasta ja hemiselluloosasta tuotetun bioetanolin kehittäjiin maailmassa, ST1 investoinut useisiin bioetanolilaitoksiin. 3.1.8 paperi ja pahvi, 3.2.1 cleantech, 3.2.3 biotalous

2.86 Lentävät tuulivoimalat ja muu uudentyyppinen tuulivoima **

Ingressi: Tuulivoiman merkittävänä ongelmana on tuulten vaihtelevuus. Ilmakehän ylemmissä kerroksissa tuulet ovat keskimäärin voimakkaampia ja tasaisempia. Leijan kaltaisia, vaijerilla maahan kiinnitettyjä tuulienergiaa kerääviä laitteita kehitetään, jotta

nämä voimakkaammat virtaukset voitaisiin hyödyntää ja tuulimyllyjen raskaat runkorakenteet välttää.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://phys.org/news/2011-10-makani-windmills-breakthrough-award.html, http://www.csmonitor.com/Environment/Energy-Voices/2013/0523/Google-kite-Tech-giant-buys-flying-windmill-firm-Makani, http://www.gizmag.com/saphonian-bladeless-wind-turbine/24890/, http://www.gizmag.com/invelox-wind-generator/27377/, http://www.gizmag.com/ewicon-bladeless-wind-turbine/26907/, http://www.alulaenergy.fi/

Kehityksen kärki tai kärjet: Google X on hankkinut keskeisen teknologiaa kehittäneen yhtiön Makanin, jonka prototyyppilaite generoi 30 kilowatin tehon. Makani pyrkii kehittämään 600 kilowatin laitteen, joka tuottaisi energiaa perinteistä tuulivoimaa ja aurinkoenergiaa edullisemmin. Laitteet lentävät 300–600 metrin korkeudessa. Tuulivoimaan kehitetään myös hiljaisia ja edullisesti rakennettavia vaihtoehtoja, joissa ei esimerkiksi käytetä mekaanisesti liikkuvia osia vaan tuuli liikuttaa sähkövarausta suoraan.

Sovellusalueita: Sähköenergian tuotanto.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.11, **1.12**, **1.13**, **1.14**, **1.17**, 1.20

Osaamisperusta: Suomessa on kokemusta tuulivoiman rakentamisesta varsinkin kylmään ilmastoon, mutta ratkaisu on haasteellinen kylmässä ilmanalassa jäätymisongelmien vuoksi, markkinaläsnäolo kapea, 3.2.2. arktinen teknologia

2.87 Piezosähköiset energialähteet, kineettisen energian talteenotto **

Ingressi: Luonnossa ja ihmisen käyttämissä laitteissa on paljon kineettistä energiaa. Tuulimyllyt muuttavat tuulen liikettä sähköksi ja turbiinit virtaavan veden liikkeen, mutta useissa tilanteissa, kuten aaltoenergian talteenotossa perinteiset metodit eivät ole tehokkaita. Piezosähköisen ilmiön avulla vähäinenkin liike saadaan muutettua sähköenergiaksi. Kvartsikide on voimakkain tunnettu piezosähköinen materiaali, mutta tutkijat ovat onnistuneet muokkaamaan grafeenia (quantum dots) siten, että grafeenipinnan piezosähköisyys on samalla tasolla kvartsikiteiden kanssa. Grafeeni saadaan tuottamaan sähkövirtaa taivuttamalla sitä. Tavanomaisen energiatuotannon lisäksi näillä tekniikoilla saattaa olla ratkaiseva merkitys kävelevien robottien kehittämisessä. Kun liikkeen jarrutuksessa saadaan liike-energia tehokkaasti talteen, kuluttaa robotin kävely tai juoksu huomattavan vähän energiaa. Myös kaduilta ja kävelyteiltä voidaan näillä menetelmillä kerätä energiaa. Mobillilaitteissa kehon liikkeiden osittainenkin muuttaminen sähköksi riittää monille laitteille täyttämään niiden sähköntarpeen.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.idtechex.com/research/reports/piezoelectric-energy-harvesting-2012-2022-forecasts-technologies-players-000320.asp , http://en.wikipedia.org/wiki/Nanogenerator , http://www.energyharvestingjournal.com/articles/piezoelectric-kinetic-energy-harvester-for-mobile-phones-00002142.asp?sessionid=1, http://www.electronicproducts.com/News/Nanotech_breakthrough_engineers_develop_piezoelectric_graphene.aspx

Kehityksen kärki tai kärjet: Stanfordin tutkimusryhmä saavutti grafeenipintaa muokatessaan korkean pietsosähköisyyden.

Sovellusalueita: Kineettisen energian talteenotto mobiililaitteissa ja energiatuotannossa, robotiikka.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Tieteellinen kiinnostavuus suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.6, 1.8, 1.9, **1.10**, 1.11, **1.12**, **1.13**, 1.15, 1.16, **1.17**, 1.18, 1.19

Osaamisperusta: Sähköjärjestelmiin ja voimalaitoksiin liittyvää osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.12 meriteollisuus, 3.2.1 cleantech, 3.2.2 arktinen teknologia

2.88 Sarjavalmistetut pienydinvoimalat, fissio ja fuusio *

Ingressi: Ydinvoimalat suunnitellaan ja rakennetaan nykyään yksilöllisesti ja niiden rakentamisen ja käytön valvonta ja ohjaus on myös yksilöllistä. Vaikka suurissa ydinvoimaloissa on omat etunsa, on etuja myös pienikokoisilla ydinvoimaloilla, joita on osattu rakentaa ja käyttää huomattavan kauan mm. sukellusveneissä ja jäänmurtajissa. Pienikokoisia ydinvoimalaoita voidaan tuottaa sarjavalmistuksen menetelmin. Voimalat voidaan sijoittaa turvalliseen ympäristöön esimerkiksi luoliin tai maakuoppiin, jotka on helppo sulkea mahdollisen onnettomuuden sattuessa. Pienikokoisen voimalan onnettomuusriski on myös vähäisempi sekä vähäisemmän monimutkaisuuden, vähäisemmän yksilöllisyyden ja helpomman verrattavuuden ja valvottavuuden vuoksi.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.fusenet.eu/node/400, http://www.dvice.com/2013-2-22/lockheeds-skunk-works-promises-fusion-power-four-years, http://www.forbes.com/sites/uciliawang/2012/01/20/feds-to-finance-small-nuclear-reactor-designs/

Kehityksen kärki tai kärjet: USAn energiaviranomainen (DOE) on julkistanut suunnitelman ja aikoo rahoittaa sarjatuotetun pienen ydinvoimalan kehitystä tavoitteena tuotannon käynnistäminen 2022. Lockheed-Martin on julkistanut tavoitteekseen toimivan, pienen fuusioreaktorin kehittämisen 2017 mennessä.

Sovellusalueita: Energiatuotanto.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, **1.13**, **1.14**, **1.16**

Osaamisperusta: Ydinvoimalaosaamista on, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.12 meriteollisuus, 3.2.2. arktinen teknologia

2.89 Kevyet tehokkaat nopeasti ladattavat akut ja kondensaattorit ****

Ingressi: Akkujen vaatima pitkä latausaika aiheuttaa useissa käyttötarkoituksissa ongelmia. Niissä tarkoituksissa, joissa tarvitaan suurta latausnopeutta tai suurta purkunopeutta, käytetään suurtehokondensaattoreita. Nanorakenteiden avulla pinta-alaa kasvattamalla saadaan akkujen latausnopeutta ja kondensaattoreiden kapasiteettia kasvatettua. Akkujen nopea lataus edistää esimerkiksi sähköautojen käyttöä ja helpottaa mobiililaitteiden käyttäjiä. Suuritehoisia kondensaattoreita tarvitaan esimerkiksi varastoimaan potentiaalienergiaa ja kineettistä energiaa edestakaisessa liikkeessä, mutta kondensaattoreita voidaan käyttää myös akkujen sijaan, jos niiden kapasiteetti on riittävä. Kondensaattorin latausnopeus on lähes välitön. Esimerkiksi sähköautoissa suuritehoiset kondensaattorit mahdollistavat latauksen bussipysäkillä normaalin pysähdyksen aikana tai liikennevaloissa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.extremetech.com/extreme/122763-graphene-supercapacitors-are-20-times-as-powerful-can-be-made-with-a-dvd-burner , http://www.bbc.co.uk/news/technology-22191650, http://www.extremetech.com/computing/141801-rice-university-creates-graphenenanotube-hybrid-material-that-could-redefine-electronics-and-energy-storage, http://www.extremetech.com/computing/126745-ibm-creates-breathing-high-density-light-weight-lithium-air-battery ,

Kehityksen kärki tai kärjet: Rice-yliopiston tutkijat ovat kehittäneen nanohiiliin perustuvan materiaalin, jonka pinta-ala yhtä grammaa kohden on kaksituhatta neliömetriä. Alustavan kokeilun perusteella materiaali toimii superkondensaattorina. IBM on kehittänyt litium-ilma-akun, jonka teho-painosuhde on viisitoistakertainen litium-ioni-akkuun verrattuna.

Sovellusalueita: Sähköautot, robotiikka, mobiililaitteet, lennokit, nostolaitteet, suurtehoilaserit ja muut suurta tehoa hetkellisesti tarvitsevat laitteet ja prosessit

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.4, **1.6**, 1.7, 1.8, 1.9, **1.10**, **1.12**, **1.13**, 1.14, **1.15**, **1.16**, **1.19**

Osaamisperusta: sähkölaiteosaamista ja akkuteknologian osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.15 henkilö- ja tavaralogistiikka

2.90 Energian massiivinen varastointi suurtehoakkuihin ***

Ingressi: Tuulivoiman ja aurinkosähkön nopea lisääminen on johtanut säkön kysynnän ja tarjonnan voimakkaaseen vaihteluun sääolosuhteiden ja vuorokaudenaikojen mukaan, joskin Pohjoismaissa vaihtelu ei Tanskaalukuunottamatta ole vielä ollut kovin suurta. Sähkömarkkinoiden tuntihinta saattaa jatkossa vaihdella hyvin voimakkaasti, mikäli kysynnän ja tarjonnan vaihtelu ylittää normaalin säätövoiman kapasiteetin. Säätövoiman lisäksi lyhytaikaista kapasiteetin vaihtelua voidaan tasata suurtehoakkujen avulla. Mikäli sähkömarkkinoille osallistuu taho, jolla on kyky ennustaa kysynnän ja tarjonnan vaihtelua, voi tämä suurtehoakkujen avulla käydä sähkön välityskauppaa ostaen alhaisemmalla hinnalla ja myyden hinnan noustessa. Koska hinta saattaa vaihdella moninkertaiseksi, riittää kannattavuuteen, että akun hyötysuhde on kohtuullinen. Suurtehoakkujen avulla kotitaloudet ja pienet asuinalueet voivat myös tasata omien aurinkopaneeliensa sähköntuotantoa siten, ettei sähköä tarvitse myydä sähköverkkoon eikä vastaavasti ostaa sieltä esimerkiksi yöaikaan. Aurinkopaneelien hinnan lasku ja aurinkosähkön sekä tuulisähkön yleistyminen tekevät suurtehoakut yhä kannattavammaksi investoinniksi. Markkinoilla on jo esimerkiksi Litium-ioni -akuista koottuja suurtehoakkuja, mutta huomattavasti tehokkaampia ja materiaaleiltaan edullisempia ratkaisuja on kehitteillä. Tavoitteena ovat tavallisen kontin kokoon pakatut suurtehoakut, joiden kapasiteetti on yksi tai useampi megawattitunti. Kaksi megawattituntia riittää noin tuhannelle hengelle tunnin ajaksi Suomen keskimääräisen sähkönkulutuksen mukaan laskettuna. Luvussa on teollisuuden tarve mukaanlaskettuna.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=Sddb0Khx0yA , http://www.33rdsquare.com/2013/04/new-battery-could-help-solar-and-wind.html?m=1, http://gigaom.com/2013/03/06/remember-the-artificial-leaf-startup-turns-to-making-a-flow-battery-instead/, http://www.greentechmedia.com/articles/read/LightSail-Gets-5.5M-from-Total-Thiel-Khosla-Gates-for-Compressed-Air-En, http://en.wikipedia.org/wiki/Flywheel_energy_storage, http://www.moraassociates.com/reports/0712%20Energy%20storage.pdf, http://en.wikipedia.org/wiki/Vanadium_redox_battery, http://www.powersouth.com/mcintosh_power_plant/compressed_air_energy, http://www.greentechmedia.com/articles/read/breakthrough-in-utility-scale-energy-storage-isentropic, http://www.greentechmedia.com/articles/read/eos-goes-global-with-new-utility-scale-energy-storage-partners, http://www.sciencedaily.com/releases/2013/08/130816094827.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: MIT:n yliopistossa kännystyneestä tutkimuksesta syntynyt Sun Catalytics pyrkii vuoden loppuun mennessä saamaan aikaan prototyypin usean megawattitunnin flow-akusta, joka kykenee yhden megawatin tehoon. MIT:ssä on myös Donald Sadowayn johdolla kehitetty kahteen edulliseen sulaan metalliin ja suolaan perustuva suurtehoakun skaalattavissa oleva prototyyppi, joka kontin kokoisena kykenee varastoimaan kahden megawattitunnin energian. Paineilmaa varastoimalla on päästy pienessä koossa energiamäärään, joka kontin koossa vastaa noin megawattituntia. CAES-generaattori kykenee tuottamaan 110 megawatin tehon 14 minuutin varoajalla maanalaiseen säiliöön varastoidun paineilman avulla. EOS lupaa markkinoille 6 megawattitunnin, 1 megawatin sinkki-ilma-akun 160$ hinnalla kilowattituntia kohden. Hinta lähestyy vesivoiman kustannusta.

Sovellusalueita: Energian varastointi, sähköverkon tuotannon ja kulutuksen tasaaminen.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Itsenäisiä R&D-polkuja useita

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, 1.12, **1.13**, **1.14**, 1.16, 1.17, **1.18**, **1.20**

Osaamisperusta: Sähkötekniikan osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.12 meriteollisuus, 3.2.2. arktinen teknologia, 3.2.1 cleantech

2.91 Aurinkolämpö ja lämmön pitkäaikainen varastointi ***

Ingressi: Aurinkoenergian suora muuttaminen lämmöksi on huomattavan tehokasta nykyisiin aurinkopaneeleihin verrattuna. Energian voi myös varastoida lämpönä siten, että varastointi jopa kuudeksi kuukaudeksi on mielekästä. Varastointi suoritetaan tyypillisesti eristettyyn veteen tai betoniin mutta myös maaperään. Tekniikoita on useita ja niitä on

tutkittu lähinnä kaukolämmön ja nollaenergiatalojen yhteydessä. Lämpöpumppujen ja porausteknikoiden kehittyessä ja talviajan ja kesäajan energian hintaerojen mahdollisesti kasvaessa aurinkosähkön lisääntyessä, tekniikan merkitys voi kasvaa nopeasti.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://lms.epfl.ch/research/research-fields/energy-geostructures-thermal-piles,
http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_energy_storage,
http://yle.fi/uutiset/itse_keksitty_aurinkovoima_lammittaa_puikkosten_kodin/5382769,
http://www.anneberg.org/generell-information/sol-och-bergvaermesystemet,
http://www.sitra.fi/hankkeet/hankeidea-aktive-hood-rakennusmenetelma

Kehityksen kärki tai kärjet: Maailmalla on runsaasti kohteita, joissa kesällä aurinkokeräimillä kerätty lämpö kattaa joko kokonaan tai pääosin talven lämmitystarpeen. Monia erilaisia kokeiluja on tehty myös Suomessa.

Sovellusalueita: Energian varastointi, lämmöntuotanto talvikauden aikana.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.3, **1.13**, **1.17**, **1.18**, **1.20**

Osaamisperusta: Osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.3 rakentaminen, 3.1.7 teräs- ja alumiiniteollisuus, 3.2.1 cleantech, 3.2.2. arktinen teknologia

2.92 Vedyn edullinen säilytys nanorakenteiden avulla *

Ingressi: Monet eri prosessit tuottavat vetyä, joka on polttokennoissa erittäin tehokkaasti muutettavissa sähköenergiaksi. Vedyn hankaluutena on sen hankala varastointi. Kaasumaisena vety räjähtää helposti, se myös saattaa vuotaa säiliöistä ja se tulee puristaa suureen paineeseen, jos se halutaan saada mahtumaan pieneen tilaan. Tutkijat ovat pyrkineet kehittämään vaihtoehtoja, jossa vety sitoutuisi riittävän tiheässä muodossa johonkin rakenteeseen siten, että edellämainittuja ongelmia ei olisi, ja että vety myös riittävän helposti irtautuisi käytettäväksi. Lupaavia nanorakenteita tähän tarkoitukseen on löydetty. Mikäli riittävän turvallinen ja edullinen rakenne vedyn säilyttämiseen löytyy, voidaan edullisen sähkön aikana valmistaa vetyä ja muuttaa sitä kalliimman sähkön aikana takaisin sähköksi tai käyttää muutoin polttokennoissa. Esimerkiksi vetyä käyttävissä polttokennoautoissa yksi ratkaistava kysymys on nimenomaan vedyn turvallinen ja tehokas säilytys.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2013/CP/c2cp42538f,
http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1207/1207.5703.pdf

Kehityksen kärki tai kärjet: NESTin tutkijat ovat laskennallisesti osoittaneet erilaisia tapoja, joilla grafeeni voisi toimia tehokkaana ja vakaana vedyn varastona. Varsinaisia käytännön kokeita ei vielä ole raportoitu.

Ratkaisun valmius markkinoille: 1, tieteellinen löydös

Tieteellinen kiinnostavuus erittäin suuri

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, 1.3, 1.6, 1.11, 1.12, **1.13**, 1.14, 1.18

Osaamisperusta: Vähäinen

2.93 Johdoton voimansiirto (magnetismi), sähköautoihin ym. sähkölaitteisiin **

Ingressi: Magneettikentän muutos indusoi sähkövirran suuntaansa vasten kulkevaan johtimeen. Muuntajat käyttävät ilmiötä hyväkseen ja sähkö siirtyy johtimesta toiseen ilman, että johtimet koskevat toisiaan. Teslan raportoidaan tutkineen langatonta sähkön siirtoa pitkilläkin matkoilla, mutta nyt tiedossa olevat tehokkaat siirtoetäisyydet ovat verrattain lyhyitä siten, ettei siirtohäviöitä synny liiaksi. Langaton lataus on yleistymässä mobiililaitteissa siten, että laturi on esimerkiksi pöydän alla ja latautuva laite pöydän päällä. Sähköautot hyötyisivät merkittävästi langattomasta latauksesta, jos latausnopeudet olisivat niin suuret, että akkujen tarve vähenisi. Langaton lataus on huomattavasti helpompi toteuttaa vaihtelevissa sääolosuhteissa kuin kaapelikytkentäinen lataus, ja voidaan järjestää esimerkiksi bussipysäkeille, liikennevaloihin ja jopa ajotien pintaan. Ajotien pinta voisi toimia samanaikaisesti aurinkopaneelina ja virtalähteenä tietä pitkin ajavalle autolle. Langaton lataus on näiden laitteiden lisäksi olennainen myös langattomille antureille. Esimerkiksi RFID toimii piiriä lukevan antennin lähettämällä teholla. Kehon sisäisissä sähköisissä laitteissa langaton sähkönsyöttö on tärkeä ominaisuus.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://blog.ted.com/2009/08/25/wireless_electr/, http://www.geek.com/news/electric-cars-can-be-wirelessly-charged-through-10cm-thick-concrete-roads-1501535/, http://www.ted.com/talks/eric_giler_demos_wireless_electricity.html, http://www.npr.org/blogs/thetwo-way/2013/08/07/209855151/the-road-that-gives-electric-vehicles-a-charge

Kehityksen kärki tai kärjet: Japanilainen professori Takashi Ohira on kehittänyt induktiivisen kytkennän, jolla tien päällysteen alla oleva järjestelmä kykenee lataamaan auton sen renkaiden kautta 60 watin teholla 90 %:n hyötysuhteella. Ohiran mukaan tehokkuutta voidaan kasvattaa riittävästi, jotta järjestelmä on käytännöllinen.

Sovellusalueita: Mobiilit laitteet, liikennevälineet, langattomat anturit.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, 1.6, 1.10, **1.12**, **1.13**, **1.14**, 1.17

Osaamisperusta: Sähkölaiteosaamista on, markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.1 moottorit ja mekaaniset koneiden osat, 3.1.2 toimialakohtaiset erikoiskoneet, 3.1.4 sähkölaitteet, 3.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus ja 3.1.16 mobiili tietotekniikka

2.94 Suurteholaserit, langaton tehonsiirto, laseraseet *

Ingressi: Laser koostuu samanvaiheisista valonsäteistä, jonka vuoksi laser-säde säilyy pitkän matkan saman suuntaisena hajoamatta normaalin valonsäteen tavoin. Laser-säteitä käytetään moniin erilaisiin mittaustarkoituksiin, koska samanvaiheisen valon heijastumisesta voidaan päätellä paljon enemmän kuin normaalin valon heijastumista. Suurempitehoisia lasereita käytetään materian leikkaamiseen, lämmittämiseen ja valaisemiseen. Yhdysvaltain armeija on teettänyt laseraseen, jonka teho on noin sata kilowattia ja se kykenee tuhoamaan sotilaslennokkeja sekä heikosti suojattuja veneitä. Tehokkaampiakin laseraseita on kehitteillä, mutta armeijan edustajan mukaan tämän aseen yksi "ammus" maksaa dollarin ja on siten hyvin edullinen ja nopea tuhoamaan esimerkiksi suuren määrän hyökkääviä lennokkeja, johon tavanomaiset aseet eivät kunnolla kykene. Sadan kilowatin tehon tuottaminen laseriin pulssia varten edellyttää suurehkoa generaattoria tai suurtehokondensaattoria. Suurteholasereilla voidaan kohteen tuhoamisen lisäksi myös siirtää tehoa esimerkiksi lentokoneeseen tai lennokkiin siten, ettei sen tarvitse laskeutua tankkaamista tai lataamista varten. Suurteholasereita voidaan käyttää myös elektromagneettisen pulssin aikaansaamiseen (EMP), joka tuhoaa läheisyydessään olevat suojaamattomat elektroniikkalaitteet.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.wired.com/dangerroom/2013/04/laser-warfare-system/,
http://www.techhive.com/article/259225/lockheed_martin_recharges_flying_uavs_with_freaking_lasers.html,
http://en.wikipedia.org/wiki/High_Energy_Liquid_Laser_Area_Defense_System,
http://www.lle.rochester.edu/media/publications/high_school_reports/documents/hs_reports/2007/Tait_Alexander.pdf

Kehityksen kärki tai kärjet: Laseraseiden kehityksessä Israel ja Yhdysvaltain puolustusministeriö ovat pääasiallisia kehityksen rahoittajia ja keskeisiä kehittäjiä ovat Kratos Defense & Security Solutions ja Lockheed Martin. Jälkimmäinen on kehittänyt myös järjestelmän, jolla sotilaslennokki ladataan lasersäteellä ilmassa.

Sovellusalueita: valvontalennokit, jatkuvasti lentävät tukiasemat, sotilasteknologia, terrorismi.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, 1.6, 1.11, 1.13, 1.14, **1.16**

Osaamisperusta: Vähäinen

Viestinvälityksen teknologia ja protokollat

Tähän ryhmään on koottu ne radikaalit teknologiset ratkaisut, joiden pääasiallinen toiminnallisuus liittyy koneiden väliseen viestintään sähkömagneettisen säteilyn ja siihen liittyvien protokollien avulla.

2.95 Nanoradio *

Ingressi: Miniatyrisoinnin edetessä langatonta viestintää pyritään kehittämään yhä pienempiin laitteisiin sopivaksi. Radiolähettimiä pyritään nyt pienentämään nanomittakaavaan. Nanomittakaavan radiolähetin voidaan sijoittaa verisuonistossa kulkeviin antureihin elintoimintoja häiritsemättä. Tämä mahdollistaa kehon sisäisen seurannan reaaliaikaisesti. Nanoradiot voivat myös monissa prosesseissa suorittaa valvontaa ja, mikäli ne saadaan edullisiksi tuottaa, voi niitä lisätä materiaaleihin ja saada nanolähettimien ja vastaanottimien avulla älykkäitä materiaaleja aikaan, jotka materiaalit, esimerkiksi liuokset voisivat tilansa tai historiansa perusteella ohjata ympäristöään. Yhdistettynä DNA-muisteihin ja muuhun nanotason teknologiaan, nanoradioiden avulla voisi kuvitella myös edistettävän tehokkaita itse itsensä liuoksista kokoavia rakenteita, mutta konkreettisia konsepteja näistä ei vielä ole.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://en.wikipedia.org/wiki/Nanoradio,
http://www.physics.berkeley.edu/research/zettl/pdf/350.PSS(b)245.10-Weldon.pdf

Kehityksen kärki tai kärjet: Laitteen kuvasi ensimmäisenä Alex Zettl, ja toistaiseksi vasta nanomittakaavan radiovastaanotin on saatu toimivaksi.

Sovellusalueita: Älykäs ympäristö, älykkäät materiaalit, lääketiede, viihde, vakoilu.

Ratkaisun valmius markkinoille: 1, tieteellinen löydös

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.5, 1.7, 1.8, 1.9, **1.10**, 1.11, **1.12**, 1.15, 1.16, 1.19

Osaamisperusta: markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.1.9 lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit, 3.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.15 tavara- ja henkilölogistiikka ja 3.1.16 tietotekniikka

2.96 LED-"radio" *

Ingressi: Olemme yhtä riippuvaisempia mobiililaitteistamme ja niiden langattomista yhteyksistä. Radiotaajuuksien rajallisuuden ja kasvavien tietoliikennetarpeiden vuoksi radiotaajuudet nykyisin tavoin käytettyinä ovat loppumassa. Lisäksi monissa ympäristöissä, kuten sairaaloissa ja lentokoneissa mobiililaitteiden radioyhteydet häiritsevät herkkiä mittalaitteita ja muita yhteyksiä. LED-valojen kehitys on avannut mahdollisuuden valon aallonpituuksien käyttöön edullisesti. Valon taajuusalue on kymmentuhatkertainen radiotaajuuksiin verrattuna. Nykytekniikalla LED-valaisimen amplitudia voidaan jo ohjata niin nopeasti, että sillä saavutetaan helposti esimerkiksi HDTV-tason televisiokuvan vaatima siirtonopeus. Korkean taajuuden vuoksi tämä voidaan tehdä ihmisen huomaamatta valaistusolosuhteen lainkaan muuttuvan. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että mikä tahansa valaistu tila, periaatteessa jokainen lampun kanta voidaan muuttaa laajakaistaista signaalia lähettäväksi LED-radioksi, joka voidaan hyvissä olosuhteissa vastaanottaa hyvin edullisella anturilla. Samassa tilassa voi teoriassa olla suuri määrä valon eri taajuuksilla toimivia lähettimiä, jos vastaanotin kykenee suodattamaan taajuudet toisistaan. Häiriöttömyyden ja korkean siirtonopeuden lisäksi etuna nykyisiin langattomiin ratkaisuihin on, että signaalit eivät häiritse toisiaan eivätkä ne ole kuunneltavissa näköesteiden läpi.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb.html,
http://spie.org/x93593.xml?highlight=x2414&ArticleID=x93593,
http://www.greentechmedia.com/articles/read/the-ipv6-addressable-light-bulb-goes-on-sale

Kehityksen kärki tai kärjet: Edinburgin yliopiston professori Harald Haas on demonstroinut toimivan LED-radion HDTV-siirtonopeuksilla, samaan aikaan markkinoille on tullut IP-verkossa osoitettavia LED-valaisimia, joille on myös suunniteltu perinteisempiä viestinnällisiä ominaisuuksia.

Sovellusalueita: Sisätilojen langaton tietoliikenne.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.4, 1.6, 1.17, 1.9, **1.10**, **1.12**, 1.15, 1.17, 1.19

Osaamisperusta: Radiotekniikan ja sähkölaitetekniikan osaamista on, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.4 sähkölaitteet, 3.1.16 mobiili tietotekniikka

2.97 Langaton siirto 2.5 terabittiä sekunnissa (vortex beam) ***

Ingressi: Langattoman tietoliikenteen maksiminopeus on totuttu laskemaan käytetyn taajuusalueen mukaan Shannonin ja Hartleyn teorioiden mukaisesti. Tietoliikennenopeudet ovat nyt vähitellen saavuttamassa nämä teoreettiset laskelmat. Tutkijat ovat löytäneet sähkömagneettisesta säteilystä OAM-ominaisuuden (Orbital Angular Momentum), jota

modifioimalla saman radiotaajuuden voi hyödyntää useita kertoja signaalien sotkematta toisiaan. Näin ollen radiotaajuuksien kapasiteetin voi teoriassa kasvattaa jopa useilla kertaluokilla.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.extremetech.com/extreme/131640-infinite-capacity-wireless-vortex-beams-carry-2-5-terabits-per-second, http://www.extremetech.com/extreme/120803-vortex-radio-waves-could-boost-wireless-capacity-infinitely

Kehityksen kärki tai kärjet: Amerikkalaiset ja israelilaiset Nasan, Etelä-Kalifornian yliopiston ja Tel Avivin yliopiston tutkijat ovat onnistuneet siirtämään OAM-moduloituja aaltoja langattomasti 2.5 terabitin sekuntinopeudella. Ruotsalainen ja italialainen tutkimusryhmä todisti mahdollisuuden olemassaolon käytännössä 2012 lähettämällä ja vastaanottamalla kaksi erillistä lähetystä samalla taajuudella samanaikaisesti.

Sovellusalueita: Langaton tietoliikenne ensisijaisesti, mutta teknologialla lienee sovelluksia myös mittalaitteissa ja langallisessa tietoliikenteessä.

Ratkaisun valmius markkinoille: 2, laboratorioprototyyppi

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, **1.4**, 1.6, **1.7**, 1.9, **1.10**, 1.12, **1.15**, 1.16, 1.17, **1.18**, **1.19**, **1.20**

Osaamisperusta: Radioverkkojen osaamista on, markkinaläsnäolo voimakas alueella 3.1.16 mobiili tietotekniikka

2.98 Monikanavainen kommunikointi ja ohjelmistopohjainen tietoverkkojen hallinta **

Ingressi: Tietoliikenneyhteydet ovat haavoittuvia ja niiden vakoilu on helppoa ja perinteiset turvaamisen tavat vaikeasti todennettavia. Yhä selkeämpi ymmärrys valtiollisten toimijoiden suorittamasta tietoliikenteen massiivisesta keskitetystä tiedon keräämisestä ja tallentamisesta sekä yhä suurempi riippuvuus tietoliikenneyhteyksien toimivuudesta luo tilaa uusille ratkaisuille. Monikanavaisuudesta on tietoliikenteessä puhuttu pitkään sekä tietoturvan että tietoliikenteen varmatoimisuuden parantajana. Kyse on menettelystä, jossa viestinnässä käytetään useita samanaikaisia kanavia ja reittejä ja viesti jaetaan niiden kesken paketteihin. Viesti muuttuu kokonaisuudeksi vasta, kun kaikki paketit vastaanotetaan ja niistä kootaan kokonaisuus. Mikäli joku käytetyistä yhteyksistä vikaantuu, käytetään muita jäljelläolevia reittejä. Tietoliikennettä voidaan myös tehostaa valitsemalla ohjelmallisesti viestin reitti. Tämä voidaan tehdä protokollasta riippuen joko sovelluksen, verkon ylläpitäjän tai verkon itsensä optimoinnin kautta.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://tools.ietf.org/html/rfc6182, http://en.wikipedia.org/wiki/Multipath_routing, https://www.usenix.org/legacy/event/osdi10/tech/full_papers/Koponen.pdf, http://www.technologyreview.com/news/515966/the-internet-of-cars-is-approaching-a-crossroads/, http://www.scienceworldreport.com/articles/8272/20130719/faster-internet-designed-computers-tcp-protocol.htm

Kehityksen kärki tai kärjet: IETF on pyrkinyt standardoimaan monikanavaisen kommunikoinnin, monet suuret toimijat ovat siirtyneet ohjelmoitaviin verkkoihin (SDN).

Sovellusalueita: Tietoturvan ja toimintavarmuuden parantaminen sekä ad-hoc -verkkojen hyväksikäyttö tietoliikenteessä, palvelinkeskukset, mesh-verkot, MTCP.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.12, 1.14, **1.15**, 1.16, 1.18, **1.19**, **1.20**

Osaamisperusta: Tietoliikenneosaamista on, markkinaläsnäolo olennainen aloilla 3.1.16 mobiili tietotekniikka, tiedonsiirron turvallisuus

2.99 Sähköraha, aikapankit ****

Ingressi: Yhä suurempi osa kaupasta käydään internetissä. Pienten summien maksaminen pankkien ja luottokorttiyhtiöiden järjestelmien kautta vie osan maksusta, valtiollisiin valuuttoihin liittyy valvontajärjestelmiä ja valuuttariskejä. Internet-kaupankäyntiin on kehitetty monenlaisia käteiseen rahaan ja luottokortteihin perustuvia maksumenetelmiä, joista Paypal on hyvä esimerkki. Käytön kannalta Paypal vaikuttaa luottokorttia turvallisemmalta ja kätevämmältä. Paypal-tili on helppo perustaa internetissä, eikä sen perustamiseen tarvita henkilötunnisteita. Tilille voi siirtää rahaa ja siltä voi suorittaa maksuja normaalissa vaihdettavassa valuutassa, ja sille voi myös ottaa vastaan muiden suorittamia maksuja sekä siirtää rahaa omalle luottokorttitilille. Verkossa tapahtuvan ansainnan ja maksuliikenteen voi pitää salassa kaikilta, jotka eivät verkkoliikennettä vakoile. eBay omistaa nykyään Paypalin, joka välitti noin 100 miljardin euron rahaliikenteen vuonna 2012 yli sadan miljoonan aktiivisen tilin kautta.

Bitcoin on valtioista riippumaton yhteisön luoma kryptoraha, jota luovat palveluun liittyvät palvelinkapasiteetin tarjoajat kapasiteettinsa mukaan. Monet kaupalliset toimijat hyväksyvät bitcoineja maksuksi ja valuutanvaihdossa. Bitcoin on myös sijoituskohde ja sen arvo vaihtelee voimakkaasti. Bitcoinia pidetään myös rahanpesun ja huumekaupan välineenä valvonnan vaikeuden vuoksi. Bitcoin-käyttäjä voi perustaa yhden tai useamman digitaalisen kukkaron. Bitcoinien kokonaismäärä vastaa nykykurssilla noin miljardin euron summaa ja Bitcoinit vaihtavat käsiä keskimäärin 30 kertaa vuorokaudessa. Aikapankit ovat alueellisia sosiaalista vaihdantaa tukevia järjestelmiä, joita voi pitää sähkörahana. Aikapankkien merkitys on kasvussa.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.hongkiat.com/blog/digital-wallets/,
https://www.paypal.com/fi/webapps/mpp/home, http://en.wikipedia.org/wiki/Bitcoin,
http://www.youtube.com/watch?v=0b99MUlFBR4

Kehityksen kärki tai kärjet: Bitcoin ja Paypal ovat nettirahan markkinoiden nopeimpia muutostekijöitä, aikapankit muovaavat alueellista yhteistoimintaa.

Sovellusalueita: Internet-maksaminen ja rahansiirto, anonyymi pankkitoiminta ja sijoittaminen valtioista riippumatta, alueellinen rahatalouden ulkopuolinen vaihdanta.

Ratkaisun valmius markkinoille: 4, markkinat kasvuvaiheessa

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.2, **1.3**, **1.4**, **1.5**, 1.6, 1.7, **1.8**, 1.9, 1.10, 1.12, **1.15**, 1.16, **1.18**, **1.19**, **1.20**

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.15 tavara- ja henkilölogistiikka, 3.1.16 tietotekniikka, 3.1.17 matkailu

2.100 Robottiverkko **

Ingressi: Robotit tarvitsevat autonomiseen toimintaansa tietoverkon tietoja, ja niitä myös ohjataan tietoliikenneteitse. Internetin protokollat eivät sovellu erityisen hyvin tähän, eikä internetin sisältöä ole suunniteltu robottien tarpeisiin. Robottien liikkuessa ja toimiessa laajalla alueella, myös maapallon ulkopuolella ja normaalien tietoliikenneyhteyksien ulottumattomissa, niiden ohjaaminen satelliittien kautta tapahtuvan tietoliikenteen avulla on kehittämisen kohteena. NASA ja ESA ovat yhdessä kokeilleet häiriösietoisen verkkoprotokollan (DTN) käyttöä maanpäällä toimivan robotin ohjaamiseen kansainväliseltä avaruusasemalta (ISS). Robottien tarkoituksiin on kehitetty myös palveluita internetiin, joista robotit voivat hakea vastauksia niille outoihin tilanteisiin. Mitä suurempi joukko robotteja internetiin kytketään, sitä suurempi motivaatio on kehittää roboteille yhteisiä pilvipalveluita opitun ja kerätyn tiedon ja yhteisten algoritmien vaihtoon. Rapyuta on tähän tähtäävä laiteriippumaton eurooppalainen hanke.

Taustatietoa ja esimerkkejä:

http://www.bbc.co.uk/news/technology-21714191, http://www.bbc.co.uk/news/technology-20270833

Kehityksen kärki tai kärjet: Eurooppalainen Rapyuta on roboteille kehitetty pilvipalvelu niiden keskinäiseen tiedonvaihtoon ja roboteille yhteisten hyödyllisten algoritmien tarjoamiseksi.

Sovellusalueita: Robotiikka, kauko-ohjatut laitteet.

Ratkaisun valmius markkinoille: 3, tuotekehitys laaja-alaista

Ratkaisun vaikutusalue arvonluontiverkostoissa: 1.1, **1.2**, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.9, **1.10**, 1.12, 1.14, 1.15,1.16, 1.17, 1.18, 1.19, 1.20

Osaamisperusta: Markkinaläsnäolo kapea aloilla 3.13 peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus, 3.1.15 tavara- ja henkilölogistiikka ja 3.1.16 tietotekniikka

3 Viennin edellytykset: nopeat kotimarkkinat ja valmiit verkostot

Toistaiseksi olemme kuvanneet 20 globaalisti tärkeintä arvonluontiverkostoa sekä esitelleet sata niihin vaikuttavaa, arvonmuodostusta radikaalilla tavalla muuttavaa teknologiaa. Mitä suuremmasta muutoksesta arvonmuodostukseen on kyse, sitä tärkeämpää se on omaksua jo yksinomaan kotimarkkinoiden tehokkaan toiminnan vuoksi. Pienenä maana jatkuvasti erikoistuvassa maailmassa ulkomaankauppa on kuitenkin Suomelle elinehto ja vientikaupan onnistuminen on tuonnin onnistumisen välttämätön edellytys.

Viennin kannalta olennaisena on tavallisesti pidetty niitä toiminnan alueita, joissa Suomella on osaamista. Radikaalisti uusilla alueilla osaaminen on tavallisesti tutkimuslaitosten osaamista ja tutkijoiden osaamista. Uusia alueita ja niiden merkitystä arvioitaessa paino ei kuitenkaan näissä tapauksissa saisi olla tällä tutkimusosaamisella. Huomio tulisi kiinnittää siihen, kuinka helppo pääsy suomalaisilla toimijoilla on uusien teknologioiden asiakaskuntaan. Tutkimusosaaminen siirtyy rajojen yli helposti, joten se ei määrää kansallista menestystä.

Tunnettu yritysstrategian ja kansallisten strategioiden osaaja, Harvardin professori Michael Porter kuvasi kirjassaan National Competitive Advantage tekemäänsä hyvin laajaa tutkimusta. Tutkimuksen mukaan yritysten kansainvälistymistä ennustaa "kansallinen timantti", neljä tärkeää tekijää, jotka kaikki tarvitaan:

1. Yrityksen strategia, rakenne ja alueellinen kilpailu,
2. Tuotannon tekijät (pääoma, työvoima, osaaminen, raaka-aineet, infrastruktuuri),
3. Paikallinen kysyntä ja sen laatu,
4. Kilpailukykyisten alihankkijoiden läsnäolo

Suomessa kehitettiin innovaatioille oma klusterimalli, josta käytännössä poistettiin paikallisen kysynnän rooli. Ristiriita Porterin todistettuun malliin on selvä. Aiempi suuri vahvuutemme, nopea omaksuminen sivuutettiin viennin vahvuutena, vaikka Porterin tutkimus vahvisti sen tärkeäksi. Klusterimallissa ajateltiin, että meidän tulee tähdätä vientiponnisteluissamme suoraan maailmanmarkkinoille, koska kotimarkkinamme eivät useinkaan täytä Porterin asettamia ehtoja. Menestyksellinen kansainvälistyminen näyttää kuitenkin edelleen noudattavan Porterin mallia ainakin nykyaikaan sovitettuna. Vaativaan asiakkaaseen tulee olla helppo pääsy.

Pohdittaessa kaupan rakennetta, huomataan usein tuotekehittäjien saavan keksinnöistään ja osaamisestaan varsin pienen korvauksen suhteessa niihin yrityksiin, joilla on helpoin pääsy potentiaalisiin asiakkaisiin. Asiakasrajapinnan haltija palkkaa tutkijat ja ostaa mahdolliset patentit tyypillisesti huomattavasti edullisemmin kuin millä tuotekehittäjä hankkii pääsyn asiakasrajapintaan, jos sitä pääsyä ei ole valmiina. Lisäksi, jos tutkijoilla ja tuotekehittäjillä ei ole helppoa pääsyä edelläkävijäasiakkaisiin ja hyvää kykyä ymmärtää heidän tarpeitaan, ei tuote yleensä vetoa asiakaskuntaan. Tämän vuoksi asiakasrajapinnan hallinta selittää menestystä tutkimusosaamista paremmin ja nousee tässä selvityksessä tutki-

musosaamista tärkeämmälle sijalle Suomen viennin kannalta tärkeimpiä radikaaleja teknologioita eroteltaessa.

Porter totesi pääkonttorin tai tutkimus- ja kehitysyksikön päätöksiä ja valintoja tehdessään parhaiten ymmärtävän kotimarkkinan tarpeet, koska läheiset sosiaaliset verkot ja fyysisen ympäristön kulttuuri sekä paikallinen media vaikuttavat päättäjiin etäällä olevia markkinoita enemmän. Porterin mukaan tilanne on kansainvälistymisen kannalta suotuisa, mikäli kotimarkkina täyttää ehdot:

- kotimarkkinoiden rakenne vastaa kansainvälisiä markkinoita
- asiakkaat ovat laatutietoisia
- asiakastarpeet ovat edelläkävijänomaisia
- itsenäisiä asiakkaita on useita
- markkinat on suuruuden ekonomian kannalta riittävä
- kysyntä on varhainen
- kotimarkkinoilla monikansallisia asiakkaita
- kotimarkkinoiden kautta voidaan vaikuttaa muihin markkina-alueisiin

Tietoterkkojen kehitys ja globalisaatio ovat muuttaneet maailmaa. Maantiede ei ratkaise kaikkea. Siksi Porterin erinomaisesti tutkittuun teoriaan ja sen tuloksiin pitää suhtautua kriittisesti. Jäljelle jää kuitenkin tärkein viesti, joka kannattaa toistaa:

Vaativaan edelläkävijäasiakaskuntaan tulee olla helppo pääsy. Vienti onnistuu helpoimmin, jos kotimarkkinat omaksuvat uusia teknologioita käyttöönsä nopeasti tai, jos kansainväliseen asiakaskuntaan on muusta syystä hyvin toimiva yhteys, joka turvaa osaamisen helpon siirtymisen edelläkävijäasiakaskunnasta tuotekehittäjille ja päättäjille sekä tärkeiden asiakasreferenssien ja kokemusten saannin varhaisten omaksujien joukossa.

Asiakasosaamiseen liittyvät puutteet ovat vaikeasti korvattavissa ja puutteiden korjaaminen tai asiakaspääsyn ostaminen on tyypillisesti hyvin kallista. Tutkimusosaaminen siirtyy maasta toiseen huomattavasti tätä helpommin. Tämän vuoksi Suomen on erityisen tärkeä palata nopeaksi teknologian omaksujaksi, joka Suomi on ollut 1800-luvulta alkaen, ja joka oli leimallinen suomalaisen teknologian piirre 1900-luvun loppupuolella, mutta on nyt jäänyt taka-alalle.

Mikäli emme itse ole nopeiden omaksujien joukossa, voimme kyllä pyrkiä nojautumaan muiden yritysten valmiisiin vientikanaviin ja niiden asiakassuhteisiin, milloin uudet teknologiat sivuavat olemassaolevien kanavien tyydyttämiä asiakastarpeita. Näitä kanavia ei kuitenkaan ole pienyrityksillä, joiden kautta radikaalit teknologiat yleensä omaksutaan. Suuret yritykset ovat pääsääntöisesti liian jäykkiä ja radikaalit teknologiat ovat tyypillisesti aluksi niille liian vähäisiä.

Nopea radikaalien teknologioiden omaksuminen tulee kehittää tapauskohtaisesti, kuten Suomen menestyksekäs internetin ja mobiilin teknologian nopea omaksuminen osoitti. Radikaaleja uusia teknologioita kannattaa omaksua käyttöön nopeasti erityisesti suurimpien hyötyjen alueilla, jolloin käyttäjäosaamisen kehitykselle saa parhaan katteen. Meidän suurimmat hyötymme ovat suurempienkin markkinoiden suuria hyötyjä. Näistä löydämme nopean omaksumisen kautta suurella todennäköisyydellä myös vientiin soveltuvia niche-markkinoita, vaikka meillä ei valmiita vietikanavia olisi. Mikäli uusien teknologioiden potentiaalisiin edelläkävijäasiakkaisiin on vientimarkkinoillakin helppo pääsy, parantaa se onnistumisen todennäköisyyttä.

Tässä osiossa kuvaamme merkittävimmät valmiit verkostot, joiden avulla voimme mahdollisia kilpailijamaita tehokkaammin kaupallistaa kuvattuihin alueisiin arvoa tuottavia teknologioita, mikäli vientiyrityksemme ovat riittävän joustavia tarttumaan radikaaleihin teknologioihin. Tässä kuvataan samalla vientiteollisuutemme alueet, joissa etumatkamme voi kärsiä, mikäli kilpailijamme omaksuvat meitä nopeammin tärkeitä lisäarvoa tuottavia teknologioita. Tässä kuvattuihin alueisiin liittyvät radikaalit teknologiat saattavat olla Suomen viennin kannalta suurimerkityksisiä siis, vaikka niiden globaali merkitys olisikin vähäinen eikä niillä kotimarkkinoillakaan olisi suurta taloudellista merkitystä.

3.1 Tuotteittain ja palveluittain tehty Suomen tärkeiden vientialueiden jaottelu

Tilastokeskus ja tulli tilastoivat viennin tuoteryhmäkohtaisesti, joka on asiakasosaamisen näkökulmasta ongelmallinen. Koska asiakasryhmäkohtaisia vientitilastoja ei ole saatavilla, tilannekuva pyritään saamaan tämän tuoteryhmäkohtaisen jaottelun ja siitä johdetun päättelyn avulla.

Jaottelussa on käytetty lähteinä Suomen ulkomaankaupan tuotteiden ja palveluiden vientitilastoja. Tilastot ovat karkeita eivätkä sisällä tietoja, joista voisi suoraan päätellä pääsyn asiakasverkostoihin. Tavarakaupassa tuotekohtaisten tilastojen käyttö toimialakohtaisten sijaan parantaa kuitenkin hieman mahdollisten asiakasyhteyksien ja korvaavien teknologioiden tunnistusta.

Selkeästi vakioitu, raaka-ainepörssin kautta kulkeva tai sitä vastaava kauppa jää tämän tarkastelun ulkopuolelle. Myös volyymiltään tai markkinaosuudeltaan pieniä ryhmiä on jätetty pois. Pyöristetyt luvut ovat 04/2012–03/2013 väliseltä ajalta, Tilastokeskuksen tavaraluokitus on SITC3. Kannattaa huomata nimikkeiden epäjohdonmukaisuus erityisesti puhuttaessa ryhmistä "muut", koska järjestys poikkeaa alkuperäisestä. Vaikeasti luokiteltavia ryhmiä on erityisesti palveluiden viennissä.

Tässä listassa mainitsematonta palveluvientiä on noin 7 miljardia euroa, joka sisältää mm. käyttöleasing-maksuja ja muuta erittelemätöntä liike-elämän palvelua, kuten suunnittelu- ja huoltotoimintaa pääosin listalla mainittuihin vientialoihin liittyen. Palveluiden vientiluvut ovat vuodelta 2012, jolloin palveluviennin yhteissumma oli 15 miljardia euroa. Suomen Pankki on vastikään selvittänyt palvelualan viennin tilannetta ja osoittanut tilastoinnin puutteista johtuvat ongelmat.

http://www.suomenpankki.fi/fi/julkaisut/selvitykset_ja_raportit/bof_online/Documents/BoF_Online_13_2012.pdf

3.1.1 Moottorit ja mekaaniset koneiden osat

Suomi vei voimakoneita ja moottoreita 2012 lukuisiin maihin yhteensä 2,1 miljardin euron edestä. Samaan aikaan tuonti oli 0,9 miljardin euron suuruinen. Kyse on suomelle tärkeästä vientisektorista, jossa asiakkaina suuritehoisia voimanlähteitä lähinnä varavoimalaitoksiin ja kulkuneuvojen moottoreiksi tarvitsevat yritykset.

Suurimpia tuote-eriä ovat: Mäntämoottorit ja koneiden osat 0,5 miljardia euroa, voimansiirtoakselit, laakerit, yms. 0,3 miljardia euroa, moottoriajoneuvojen alustat ja osat 0,2 miljardia euroa. Sähkömoottorit on mainittu toisessa kohdassa.

3.1.2 Toimialakohtaiset erikoiskoneet

Suomessa valmistetaan runsaasti koneita vientiin eri toimialojen tarpeisiin. Metsäteollisuuden, paperiteollisuuden ja muun prosessiteollisuuden koneet sekä maatalouskoneiden myynti on yksittäisinäkin erinä merkittävää.

Paperiteollisuuskoneet osineen, 0,7 miljardia euroa, muut toimialakohtaiset erikoiskoneet 1,4 miljardia euroa, kuumennus- ja jäähdytyskoneet 0,5 miljardia euroa, traktorit 0,4 miljardia euroa, maatalouskoneet (pl. traktorit) 0,3 miljardia euroa

3.1.3 Rakentaminen

Suomi vie rakennusalan tarvitsemia koneita ja laitteita sekä rakentamisen palveluita useilla miljardeilla euroilla vuosittain. Rakennusala on globaalisti hyvin suuri, mutta Suomella on rakennusalalla merkittäviä yksittäisiä tuotteita, joiden markkinaosuus on huomattava. Seuraavassa suurimpia yksittäisiä tuotealueita.

Maansiirto-, kaivuu-, yms. koneet 1,3 miljardia euroa, hanat, venttiilit, höyrykattilat, yms. 0,4 miljardia euroa, pumput, kompressorit ja tuulettimet 0,4 miljardia euroa, höyrykattilat, kuumavesikattilat 0,2 miljardia, nestepumput 0,2 miljardia euroa, rakennuspalvelut 0,5 miljardia euroa.

3.1.4 Sähkölaitteet

Sähkölaitteiden valmistuksen liikevaihto on runsaat 4 miljardia euroa, josta 80 % menee vientiin. Kyse on yhdestä Suomen tärkeästä vientialueesta, jossa suurimmat yksittäiset

asiakkaat ovat energiayhtiöitä.
http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/1639/Sahkolaitteiden_valmistus2012_web.pdf

Ryhmän suurimmat tuotealueet ovat: sähkögeneraattorit ja-moottorit osineen 1,3 miljardia euroa, muuntajat, kiinteät muuttajat ja tasasuuntaajat 1 miljardi euroa, sähkövirtapiirin kytkentä- yms. laitteet 0,6 miljardia euroa, muut sähkökoneet, laitteet ja tarvikkeet (778) 0,4 miljardia euroa, eristetty sähkölanka, kaapeli, eristimet yms. 0,3 miljardia

3.1.5 Mekaaninen puu

Suomi vie merkittävän määrän mekaanisen puunjalostuksen tuotteita. Suurimmat asiakasryhmät ovat rakennusala ja huonekaluala. Suurimmat tuotealueet ovat: sahattu ja höylätty puutavara 1,3 miljardia, viilu, ristiinliimattu vaneri, lastulevy ja muu valmistettu puu 0,5 miljardia euroa.

3.1.6 Muoviraaka-aineet

Muoviraaka-aineita viedään Suomesta pakkausteollisuuden, rakennusteollisuuden ja muun teollisuuden tarpeisiin merkittävä määrä. Asiakaskunta on jakautunut. Suurimmat tuote-erät ovat seuraavat: laatat, levyt, kalvot yms. muovia 0,6 miljardia euroa, muut muovit alkumuodossa 0,5 miljardia euroa.

3.1.7 Teräs- ja alumiiniteollisuus

Metalliteollisuus on merkittävä vientiala. Metallien vienti on merkittävää ja jalostettujen metallituotteiden vienti on jalostusarvoltaa yksi suurimmista vientiartikkeleista. Metallituotteiden asiakkaina ovat mm. laivojen, koneiden ja laitteiden rakentajat sekä rakennusteollisuus.

Suurimmat metalliteollisuuden jalostettujen tuotteiden erät ovat: seostetusta teräksestä tehdyt levyt 2,5 miljardia, seostamattomat pleteroidut ja pleteroimattomat metallilevyt 0,6 miljardia euroa, muut rakenteet ja rakenteiden osat, terästä, rautaa tai alumiinia 0,3 miljardia euroa, putket rautaa tai terästä 0,3 miljardia euroa, tangot, profiilit, poratangot rautaa tai terästä 0,2 miljardia

3.1.8 Paperi ja pahvi

Paperi- ja pahviteollisuuden tärkeimmät asiakkaat ovat painoala ja pakkausteollisuus. Erikoispapereilla on myös monia muita käyttötarkoituksia. Suurimmat tuote-erät ovat:

paperi- ja pahvi 7 miljardia, paperi, kartonki ja pahvi määräkokoon tai muotoon leikattu 0,3 miljardia euroa

3.1.9 Lääkkeet ja lääketieteelliset instrumentit

Lääketieteelliset laitteet ja lääkkeet ovat merkittävä Suomen vientiala. Asiakkaana on terveydenhoitoala. Suurimmat tuote-erät ovat: lääkkeet, myös eläinlääkkeet 0,9 miljardia euroa, lääkintäkojeet ja -laitteet 0,8 miljardia euroa, sähkölääkintä- ja röntgenlaitteet 0,5 miljardia euroa, lääkeaineet ja farmaseuttien tuotteet 0,2 miljardia.

3.1.10 Mittalaitteet

Suomessa valmistetaan runsaasti teollisuuden prosessien ja ympäristön valvontaan tarvittavia mittalaitteita. Mittaus- tarkkailu- ja analyysikojeiden vienti on 0,8 miljardia euroa.

3.1.11 Kemialliset raaka-aineet

Pigmentit, värit, lakat yms. 0,5 miljardia euroa, erinäiset kemialliset tuotteet (598) 0,5 miljardia euroa, alkoholit, fenolit yms. 0,4 miljardia, muut orgaaniset kemikaalit 0,4 miljardia, eteenipolymeerit 0,4 miljardia euroa, valmistetut lannoitteet 0,4 miljardia euroa, epäorgaanisten happojen metallisuolat ja peroksidisuolat 0,3 miljardia euroa, epäorganiset kemialliset alkuaineet, oksidit yms. 0,3 miljardia euroa

3.1.12 Meriteollisuus

Meriteollisuus on laajasti yhteiskuntaa puhuttanut vientiala. Suurin tuoteryhmä on laivat, veneet ja muut uivat rakenteet, jonka liikevaihto on 0,6 miljardia euroa. Suomi vie tämän lisäksi muiden maiden telakoille koneita ja materiaaleja laivanrakennukseen. Laivojen osalta asiakkaina ovat laivanvarustajat, meriteollisuuden alihankkijoiden osalta asiakkaita ovat telakat.

3.1.13 Peliteollisuus ja muu lisenssiteollisuus

Peliteollisuus on nopeasti Suomessa kasvanut ala, joka juontaa juurensa ainutlaatuiseen Assembly-tapahtuman kautta syntyneeseen pelikulttuuriin ja peliefektien kehitystaitoon. Ala tilastoidaan osana palveluvientiä rojaltikauppana.

Viennin rojaltit ja lisenssimaksut ovat yhteensä 2,5 miljardia euroa, josta peliteollisuuden 2012 liikevaihto on noin 0,3 miljardia. Se nousee alan järjestön Neogamesin arvion mukaan oheistuotteineen 2013 jo 0,7 miljardiin.

3.1.14 Turkisala

Suomessa kasvatetaan runsaasti turkiseläimiä vientiin. Valmistamattomien turkisnahkojen vienti on 0,7 miljardia euroa. Turkisten asiakkaana on vaatetusteollisuus.

3.1.15 Henkilö- ja tavaraogistiikka

Suomessa valmistetaan runsaasti kalustoa tavaralogistiikan tarpeisiin. Tärkeimmät vientierät ovat: nostamis- ja lastaamiskoneet ja laitteet osineen 0,8 miljardia euroa, kuorma-, paketti- ja erikoisautot 0,5 miljardia euroa, ulko- ja sisärenkaat 0,4 miljardia euroa, moottoriajoneuvot henkilökuljetukseen 0,3 miljardia euroa, perävaunut yms. 0,2 miljardia euroa. Tuotteiden suurimpina asiakaskuntina ovat satamat, kuljetusala, raskas teollisuus ja rakennusala.

3.1.16 Tietotekniikka

Suomessa valmsitetaan runsaasti tietoliikennelaitteita vientiin. Suurimmat asiakkaat ovat teleoperaattorit. Suomessa kehitetään myös paljon ohjelmistoja kaupan ja teollisuuden tarpeisiin. Tilastot palveluviennistä ovat hyvin puutteelliset, mutta tietotekniikan palveluvienti nousi useilla miljardeilla Nokian hankittua omistukseensa karttapalvelut ja liitettyään navigaattiritoiminnon osaksi älypuhelintoimituksia. Tärkeimmät tuoteryhmät ovat: puhelinlaitteet ja niiden osat ja tarvikkeet (ryhmä 76) 1,2 miljardia, atk-koneet ja niiden yksiköt 0,3 miljardia, tietotekniikka- ja informaatiopalvelut 4,5 miljardia euroa. Tietotekniikan tarkastelu omana alanaan on ongelmallista, koska monet koneet ja laitteet sisältävät merkittävästi tietotekniikkaa, ja tämän ns. upotetun tietotekniikan merkitys jää helposti huomaamatta, kuten voidaan havaita esimerkiksi ICT 2015-työryhmän raportista.

3.1.17 Matkailuala

Matkailu tuo vientituloja. Voidaan ajatella, että matkailualan alihankkijat toimivat kotimarkkinoilla, ja että kyse on tavallaan edistyksellisestä kotimarkkinasta, jota vierasmaalaiset turistit tulevat tänne katsomaan, mutta viedäänkö palvelu ulkomaille vai tulevatko ulkomaiset käyttämään palveluita täällä ja hakemaan tuontitavaransa täältä ei ole tämän tarkastelun kannalta niin olennainen asia kuin se, että matkailu tarjoaa merkittävän kosketuspinnan ulkomaiseen asiakaskuntaan. Matkailun vientitulot ovat Matkailun edistämiskeskuksen raportin mukaan 4,4 miljardia euroa, eli kyse on suuresta osasta Suomen vientituloja. Matkailuala työllistää noin 130 tuhatta henkeä.
http://www.mek.fi/news/matkailusta-tuli-suomen-rahasampo/

3.2 Uusia, Suomen viennille keskeisiä tarve- ja asiakaslähtöisiä ryhmittelyitä

Perinteiset teollisuudenalakohtaiset ryhmittelyt eivät ole tyydyttäneet toimijoiden tarvetta. Maailman muuttuminen on luonut uudenlaista kysyntää ja uudenlaisia toimintamalleja, joissa yhteistoimintaa on perinteisten teollisuudenalojen poikki. Tämä on aiheuttanut tarvetta muotoilla vientialoja uudelleen. Merkittävimpiä ryhmiä ovat osin päällekäiset cleantech, arktinen teknologia ja biotalous, jotka kuvataan lyhyesti seuraavassa.

3.2.1 Cleantech

Cleantech-alueen globaalit markkinat ovat TEMmin selvityksen mukaan 6% globaalista bruttokansantuotteesta. Suomen cleantech-alueeseen laskettava vienti on 12 miljardia euroa 2012. Cleantech-viennin osuus oli 20% maamme koko viennistä ja kasvaa melko noepasti. Olemme alueella nopea omaksuja ja edelläkävijä, koska cleantech-markkinamme osuus kansantaloudestamme on keskimääräistä 2,5 kertaa suurempi. Kyse ei ole selkeästä asiakas- tai tuotesegmentistä, vaan cleantechin piiriin lasketaan energiatehokkuuteen, materiaalitehokkuuteen, puhtaaseen veteen, bioenergiaan ja erilaisten synergiahyötyjen tehokkuutta kasvattavat ratkaisut, mutta Cleantech Finland pyrkii yhdistämään alueen "cleantech"-brändin alle. http://cleantechfinland.fi/?q=content/about-us.

Tekesin CLEEN-klusterilla on tällä hetkellä käynnissä seitsemän tutkimusohjelmaa:

- Tulevaisuuden kestävät bioenergiaratkaisut, Sustainable Bioenergy Solutions for Tomorrow (BEST)
- Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi, Carbon Capture and Storage Program (CCSP)
- Hajautetut energiajärjestelmät, Distributed Energy Systems (DESY)
- Energian käytön tehokkuus, Efficient Energy Use (EFEU)
- Tulevaisuuden polttomoottorivoimalaitokset, Future Combustion Engine Power Plants (FCEP)
- Ympäristön mittaus ja monitorointi, Measurement, Monitoring and Environmental Efficiency Assessment (MMEA)
- Älykkäät sähköverkot ja energiamarkkinat, Smart Grids and Energy Markets (SGEM)

3.2.2 Arktinen teknologia

Ilmaston lämpeneminen lisää arktisten alueiden merkitystä raaka-ainevarojen ja liikennereittien puolesta. Arktisella alueella sijaitsee joidenkin arvioiden mukaan 5-13% maailman käyttämättömistä öljyvaroista ja 20-30% kaasuvaroista. Pohjoisen kaivannaisteollisuus on myös merkkittävää. Pohjoiset reitit lyhentävät monia tärkeitä laivarahtiyhteyksiä merkittävästi. Suomella on merkittävää osaamista useilla arktisen alueen hyväksikäytön ja luonnon monimuotoisuuden suojelun osa-alueilla. Suomella on myös merkittävä uskottavuus ja toimiva yhteys näiden markkinoiden keskeisiin toimijoihin yhtenä arktisen alueen toimijana. Toistaiseksi merkittävin tämän alueen vienti muodostuu jäänmurtaja-aluksista.

http://valtioneuvosto.fi/tiedostot/julkinen/pdf/2010/arktinen_strategia-0706/arktinen_strategia_070610.pdf

3.2.3 Biotalous

Sitra toteaa:

"Biotaloudella tarkoitetaan kaikkea sellaista tuotantoa, jossa hyödynnetään luonnosta saatavaa yhteyttämisen seurauksena uusiutuvaa materiaalia. Biotaloutta on myös biologisten prosessien, kuten entsyymien tai bakteerien hyödyntäminen tuotannossa.

Biotalous voidaan nähdä myös strategiana, jonka avulla yhteiskunta taistelee päivänpolttavia ongelmia vastaan. Tällaisia haasteita ovat esimerkiksi ilmastonmuutos, lisääntyvä kilpailu luonnonvaroista sekä maaseudun ja alueiden kehittäminen."

Biotaloudesta puhutaan väljästi myös http://www.biotalous.fi/biotalouden-askelmerkit/biotalous-lyhyesti/ -sivustolla. Kokonaisvlyymiä ei ole määritelty, eikä Suomen erityisasema biotalouden osaajana ole millään tavoin selkeä. Suomen elintarvikevienti sekä prosessiteollisuuden laaja osaaminen ovat kuitenkin biotaloudessa tärkeitä elementtejä, ja pyrkimys kehittää osaamisaluetta kokonaisuutena voi tarjota kilpailuetuja.

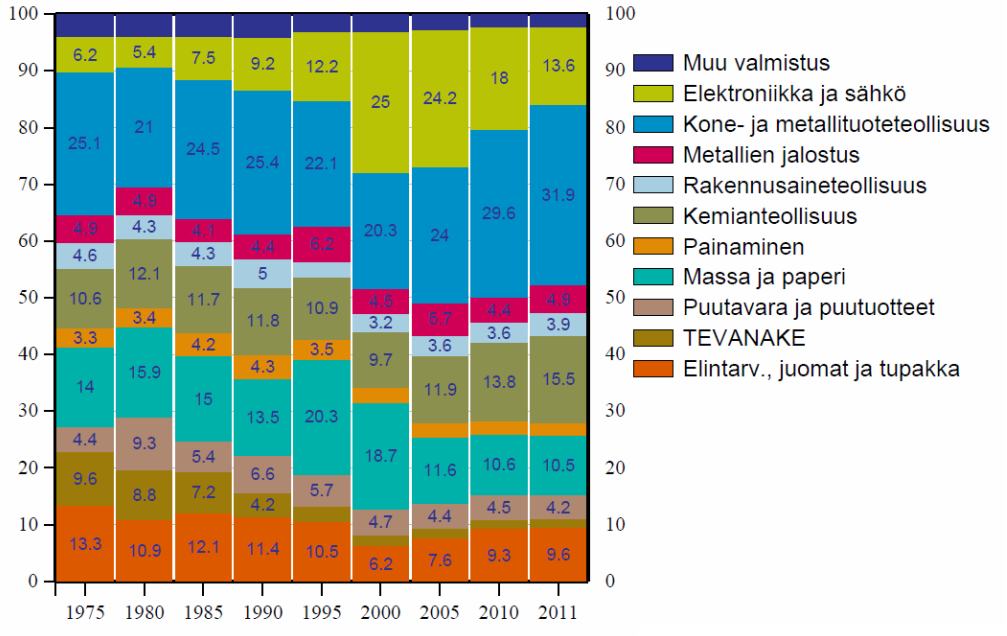
Biotalouden nimissä pyritään esimerkiksi Tekesin FIBIC-ohjelmassa edistämään tulevaisuuden biojalostamoita ja monia muita aihepiiriin liittyviä asioita. Osa tästä alueesta

3.3 Teollisuudenalat jalostusarvon mukaan

Kuva X esittelee Suomen keskeiset teollisuudenalat jalostusarvon mukaan. Suurimmat teollisuudenalat suuruusjärjestyksessä ovat:

1. kone- ja metallituoteteollisuus
2. kemianteollisuus

3. elektroniikka- ja sähkö
4. massa- ja paperi
5. elintarvike
6. metallien jalostus
7. puutavara ja puutuotteet
8. rakennusaineteollisuus.



Kuva 2. Tehdasteollisuuden rakenne ja osuus jalostusarvosta, % (EK 2012 / Tilastokeskus).

3.4 Radikaalien teknologioiden kiinnostavuus viennin kannalta

Tarkasteltaessa Suomen vientiä havaitaan tilastoinnin tapahtuvan tuotannonaloittain ja tuotealoittain. Valmiit asiakassuhteet ovat erittäin tärkeitä radikaalien uusien teknologioiden vientipyrkimyksissä. Vanha sanonta sanoo, että uutta tuotetta voi koettaa myydä vanhalle asiakkaalle ja vanhaa tuotetta uudelle asiakkaalle, mutta ei uutta tuotetta uudelle asiakkaalle. Tämän on kokemus osoittanut. Siksi radikaalien uusien teknologioiden tärkeyden arvioinnin suhteen olisi olennaista tunnistaa ne merkittävät asiakasryhmät, joihin Suomen nykyiset myyntikanavat tarjoavat hyvän pääsyn. Tuotekehitys- tai tutkimusosaaminen ei sellaisenaan ratkaise markkinoillepääsyä eikä se edes ole välttämätön, koska radikaalisti uusissa teknologioissa se on tyypillisesti edullisesti ostettavissa. Se on edulli-

sesti ostettavissa juuri sen vuoksi, koska se on arvokas vain niille toimijoille, joille pääsy asiakasmarkkinaan on helppo.

Valitettavasti Suomi ei tilastoi vientiä asiakastoimialoittain. Saatavilla olevan tiedon perusteella voidaan kuitenkin päätellä monien aiemmin listattujen radikaalien teknologioiden osuvan alueille, jotka ovat tärkeitä samoille toimijoille, jotka ostavat merkittäviä suomalaisia tuotteita ja palveluita. Vientiyrityksillemme nämä ovat samalla sekä mahdollisuuksia että uhkia ja siksi tärkeitä seurattavia kohteita.

Suurta lisäarvoa tuottavat radikaalit teknologiat ovat tärkeitä jo kotimarkkinan tehostamiseksi. Vaikka tuotealue ei osuisikaan Suomen nykyisen viennin kannalta sopivaan asiakasalueeseen, voimme löytää sieltä tärkeitä vientialueita ja riittävän kyvyn ryhtymällä nopeiksi omaksujiksi. Näin on suositeltavaa tehdä jokaisella merkittävää lisäarvoa tuottavalla suurella alueella. Nämä tunnistetaan lisäarvoa tuottavia verkostoja kuvaavan luvun avulla. Tämän luvun tietojen ja tapauskohtaisesti arvioitujen yksityiskohtien sekä kirjoittajien taustatietämyksen avulla on pyritty tunnistamaan ne radikaalit teknologiat, joissa meillä jo on helppo pääsy edelläkävijäasiakkaisiin ainakin jossakin merkittävässä kategoriassa. Nämä on tunnistettu tärkeiksi alueiksi, vaikka ne eivät edes olisi globaalisti suuria.

Joidenkin alueiden kohdalla, joista esimerkkinä kannattaa mainita nanosellu, kyse on sekä globaalisti merkittäväksi uskotusta radikaalista teknologiasta että sellaisesta, jossa Suomella on potentiaaliseen asiakaskuntaan erinomaiset yhteydet ja uskottavuus sekä näiden lisäksi vielä merkittävää tuoteosaamista. Näitä napakymppejä kannattaa vaalia, mutta hyvin tärkeinä on pidettävä myös muita globaalisti tuottavuutta tai kuluttaja-arvoa merkittävästi lisääviä radikaaleja teknologioita ja niiden nopeaa kotimarkkinaomaksumista sekä rajatumpia sektoreita palvelevia radikaaleja teknologioita, joihin meillä on hyvä pääsy edelläkävijäasiakkaisiin. Oma tutkimusosaaminen tulee hankkia näitä kriteereitä mukaillen.

Lähteet:

http://www.cleen.fi/fi/ ; katsottu 6.6.2013

http://fibic.fi/fi/ ; katsottu 6.6.2013

http://www.fimecc.com/ ; katsottu 6.6.2013

http://www.rym.fi/ ; katsottu 6.6.2013

http://www.salwe.org/ ; katsottu 6.6.2013

FIMECC 2012 = FIMECC (2012). *FIMECC SRA. Competitiveness through cooperative research. Strategic research agenda for Finnish metals and engineering competence cluster*. 30.1.2012. Katsottu 6.6.2013.

4 Teknologista menestystä tukeva ja yhteiskunnallisiin haasteisiin vastaava tieteellinen perustutkimus

Tässä luvussa kuvaamme tieteellisen perustutkimuksen avaamat mahdollisuudet teknologisille läpimurroille. Tieteellisen tutkimuksen läpimurrot ovat aiemmin näkyneet varsin pitkällä viiveellä teknisinä läpimurtoina. Viiveet ovat kuitenkin lyhentyneet ja niitä on pyritty entisestään lyhentämään edistämällä tieteellisen tutkimuksen ja teknologian soveltajien välistä vuorovaikutusta. Suomessa tärkeinä pidetyt SHOK:t ovat olleet tapa edistää markkinoilla jo aktiivisesti toimivien yritysten ja huippututkijoiden välistä yhteistoimintaa.

Perustutkimusta tekevien tutkijoiden motivoiminen yhteistyöhön yritysten kanssa ei ole kuitenkaan helppoa, koska tieteessä menestymisen perusteet poikkeavat erittäin paljon taloudellisen menestyksen tavoittelusta. Teknologisen kehityksen kannalta olennaista tieteellistä perustutkimusta luonnehtii kaksi keskeistä piirrettä:

- Tieteen kehitys tapahtuu maailmanlaajuisesti. Erityisesti teknologisen kehityksen kannalta keskeisissä luonnontieteissä merkittävät tutkimustulokset leviävävät nopeasti maasta toiseen. Menestykselliset tutkijat toimivat alansa maailmanlaajuisissa verkostoissa.

- Tiede etenee pääasiassa omalakisesti. Tiedettä kehitetään keskenään kilpailevissa tutkijayhteisöissä. Tutkijayhteisöillä on niiden itsensä kiinnostaviksi määrittelemät tutkimusongelmat, yhteisöjen hyviksi tunnustamat tutkimusmenetelmät sekä niiden arvostamat julkaisukanavat. Julkaisukanavista tärkeimpiä ovat tieteelliset lehdet. Tutkijayhteisö osoittaa arvostustaan tutkimustulokselle julkaisemalla tuloksen yhteisön erityisesti arvostamassa tyypillisesti englanninkielisessä journaalissa. Yksittäiset yhteisön jäsenet tunnustavat tuloksen tärkeyden erityisesti viittaamalla siihen omissa artikkeleissaan tai muissa tieteellisissä julkaisuissa mm. väitöskirjoissa.

Perustutkimuksen autonomista asemaa ja tiedeyhteisöjen vahvaa roolia Suomessa ja monessa muussa maassa vahvistaa käytäntö, jolla virat täytetään ja tutkimuksesta palkitaan erityisesti vertaisarvioiden perusteella. Tärkeimmät mitattavissa olevat vertaisarvostuksen muodot ovat toisten tutkijoiden viittaukset henkilön tutkimuksiin sekä henkilön julkaisut paljon lainatuissa alansa tieteellisissä lehdissä. Vaikka vertaisarvioinneissa tulosten ennakoiduilla käytännöllisillä hyödyillä on merkitystä, arvostuksen kannalta on kuitenkin ratkaisevaa, kuinka tutkija menestyy tutkijayhteisönsä asettamissa hyvän tutkimuksen kriteereissä.

Tutkijayhteisöjä on tapana ryhmitellä tieteenaloihin niille tyypillisten tutkimusongelmien perusteella. Perinteinen tieteenalojen pääryhmittely ovat luonnontieteet, yhteiskunta- ja käyttäytymistieteet sekä humanistiset tieteet. Englanninkielisessä maailmassa yleinen ryhmittely on ollut ”science”- ja ”art” jaottelu. Luonnontieteet ja matematiikka on luettu ”science”- ja humanistiset tieteet ”art”ryhmään. Yhteiskunta- ja käyttäytyistieteiden osalta käytäntö on ollut horjuva.

Perinteisiä jaotteluja luontevampi on jaottelu edistyviin tieteisiin, oppimista tutkiviin tieteisiin ja rikastuviin tieteisiin, kun tavoitteeksi asetetaan teknologisten läpimurtojen ennakointi (vrt. Kuusi 1998). Edistyvissä tieteissä uudet tutkimustulokset kumoavat aikaisempia tuloksia tai yksiselitteisesti ja vakuuttavasti täydentävät niitä. Näihin tieteisiin kuuluvat mm. matematiikka, fysiikka ja kemia. Ne pystyvät tekemään yhä tarkempia kuvauksia ja osuvampia ennusteita tarkastelemistaan ilmiöistä. Näin niiden pohjalta on mahdollista tehdä jatkuvasti paranevia teknisiä ratkaisuja.

Yhteiskunta- ja käyttäytymistieteet voidaan lukea pääasiassa oppimista tutkiviksi tieteiksi. Nämä tieteet tarkastelevat ilmiöitä, joihin biologisella geenien välityksellä tapahtuvalla oppimisella, hermoverkko-oppimisella tai muulla tavalla tapahtuvalla oppimisella (esim. robotin nanoprosessoriin perustuva muisti) on ratkaiseva vaikutus. Oppivia järjestelmiä tutkivat tieteet luovat jatkuvasti paranevia lähtökohtia teknologisille läpimurroille, mutta paraneminen ei ole edistyvien tieteiden tapaan yksiselitteistä. Oppivat systeemit ovat yleensä niin komplekseja, että niiden toimintaa pystytään luonnehtimaan vain oppivien systeemien tavoitteiden ja toimintavalmiuksien määritteleminä mahdollisuuksina tai erilaisten käyttäytymismallien todennäköisyyksinä.

Rikastuvat tieteet kuten filosofia, kirjallisuudentutkimus ja historiantutkimus eivät yleensä pyri kumoamaan aikaisemmin vallinneita käsityksiä vaan rikastuttavat perinnettä uusilla tulkinnoilla. Niiden tutkimuskohteena ovat ennen kaikkea kulttuurisesti mielekkäät tulkinnat ja kieliin liittyvät ilmiöt. Teknologisten läpimurtojen ennakoinnin kannalta niistä on hyötyä mm. teknologioiden kulttuurisen hyväksymisen ennakoinnissa.

Merkittäviä tieteeseen pohjautuvia teknologisia läpimurtoja on tehty tyypillisesti tutkijayhteisöissä, jotka toimivat monien vakiintuneiden tieteenalojen ”rajapinnoilla” tai välialueilla. Tämä ei koske vain edistyvien tieteenalojen välisiä rajapintoja vaan myös rajapintoja edistyvien tieteiden, oppimista tutkivien tieteiden ja merkityksiä tutkivien tieteiden välillä. Elleivät ihmiset koe teknistä ratkaisua mielekkääksi ja eettisesti hyväksyttäväksi ja elleivät he opi käyttämään sitä, ratkaisun käyttöönotto voi viivästyä ja teknisesti heikompi ratkaisu voi vallata markkinat (vrt. Moore 1991).

Kuusi, Osmo (1998) Johdanto Futura-lehden teemanumerolle Edistyvien ja rikastuvien tieteiden vaikutukset tulevaisuuteen, Futura 4/1998

Moore, Geoffrey A. (1991) Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customers, Harper Business Essentials

Kuten edellä jo viitattiin, vaikein ongelma perustutkimuksen ja voittoa tavoittelevan liiketoiminnan yhteistyössä ovat erilaiset arvo- ja palkitsemisjärjestelmät. Korkeatasoinen tiede ja menestyvä teknologisiin läpimurtoihin perustuva yritystoiminta muistuttavat toisiaan globaalien toimintamalliensa osalta. Sen sijaan niiden globaalien verkostojen ja yhteisöjen toimintaperiaatteet poikkeavat erittäin paljon toisistaan. Jotta yhteistyö toimisi, kummankin osapuolen tulisi tunnistaa ja ottaa huomioon toistensa toimintaperiaatteet.

Yritysten tulisi erityisesti panostaa huippututkijoiden motivointiin tieteellisellä kiinnostavuudella ja saada heitä suuntaamaan junioritutkijoiden tutkimusta käytännöllistä merkistä omaaviin tutkimuskohteisiin. Jos senioritutkijat saadaan vakuutettua, junioritutkijoiden

motivointi ei yleensä muodosta suurta ongelmaa. Toisin kuin taloudellisesti asemansa tieteen piirissä varmistaneita huippututkijoita, junioritutkijoita motivoi työn saanti akateemisen vaiheen jälkeen. Tällaisia akateemisessa maailmassa vain väliaikaisesti työskenteleviä ovat Suomessa lähes kaikki sellaiset, jotka eivät jatka maisteritutkinnosta tohtorintutkintoon ja myös kasvava osa tohtorin tutkinnon suorittaneista.

Kun tieteen tulosten nopeasta soveltamisesta on tullut yhä keskeisempi taloudelliseen kilpailukykyyn vaikuttava tekijä, paine tieteen sisäistä autonomiaa vastaan kasvaa. Tieteen rahoitusta kytketään yhä enemmän siitä odotettavissa oleviin taloudellisiin hyötyihin. Näin voi ennakoida käyvän erityisesti maissa, jotka ovat nopeasti menettäneet kansainvälistä kilpailukykyään, kuten on käynyt Suomelle. Taloudellis-yhteiskunnalliset haasteet suuntaavat epäilemättä jo nyt maamme perustutkimusta. Myös suomalaisten yritysten vahvat alueet maailmanmarkkinoilla vaikuttavat perustutkimukseen maassamme. Selkeästi tämä näkyy SHOK:ien rahoituksena. Ongelmana on kuitenkin, että tiedemaailma voi korostaa käytännöllisyyttään vain puheissa, mutta todellinen sitoutuminen puuttuu. Ellei löydetä todellista synergiaa voittoa tavoittelevan liike-elämän ja tiedon kasvua tavoittelevan tiedemaailman välillä, seurauksena saattaa olla jopa tiedemaailman asettuminen eräänlaiseen omien arvojensa tinkimättömään siilipuolustukseen.

Aiemmin käytännölliset yhteydet tiedemaailman ja perustutkimuksen välillä voivat myös olla ongelmallisia. Erityinen haaste suomalaiselle tiedemaailmalle ja varsinkin SHOK-järjestelmälle on perustutkimuksemme sitoutuminen mobiiliteknologian ja perinteisen paperia valmistavan metsäsektorin vahvuuksiin, joissa olemme nopeasti menettäneet asemiamme. Pienen maan ongelma perustutkimuksessa näyttäisi ylipäätään olevan jähmettyminen vanhoihin rakenteisiin, koska aitoa maan sisäistä kilpailua saman alan tiedeyhteisöjen välillä on varsin vähän ja asemansa vakiinnuttaneet voivat esittää heidän asemiaan uhkaavat ulkopuoliset asiantuntemattomiksi. Tätä ongelmaa ei ratkaise maan ulkopuolisten asiantuntijoiden käyttö, jos arvioitavat itse keskeisesti vaikuttavat arvijoitsijoidensa valintaan. Toisaalta on kuitenkin tiedostettava myös se, että maailmanlaajuisesta näkökulmasta hyvin lupaavalta tutkimusalueelta vetäytyminen väliaikaisten alan työllisyysongelmien vuoksi voi olla vakava virhe.

Vaikeudesta yhdistää perustutkimusta ja teknologisiin sovelluksiin tähtäävää tutkimusta kertoo seuraava Suomen Akatemian Luonnontieteiden ja tekniikan toimikunnan esittämä arvio SHOK:eista Suomen tieteen tila 2012 raportissa:

"Strategisen huippuosaamisen keskittymät ovat vakiinnuttaneet toimintansa. Niistä saadut kokemukset ovat osoittautuneet ristiriitaisiksi. Perustutkimuksen asema SHOK-rahoitteisessa tutkimuksessa on käytännössä heikko, vaikka tahtoa huippututkimuksen tukemiseen olisikin. Tutkijalähtöisille pitempiaikaisille tieteellisille hankkeille ei SHOK-toiminnassa ole hyviä mahdollisuuksia. SHOKit eivät tuota kansantaloudellisesti järkevää maailmanluokan tutkimustulosta, ja useat tutkimuksen huippuryhmät ovat kokonaan SHOK-rahoituksen ulkopuolella."

Käsityksemme mukaan nyt on erityisen tärkeää tarkastella tieteen kehityksen lupaavia alueita maailmanlaajuisesti, jotta vältettäisiin edellä mainittuja riskejä pitäytyä perustutkimuksessamme liikaa aikaisempiin vahvuuksiimme tai vetäytyä liian äkkinäisesti maailmanlaajuisesti lupaavilta tutkimusalueilta. Tällainen tarkastelu on mahdollista käyttäen

japanilaisessa NISTEP-tutkimuslaitoksessa tehtyjä raportteja. NISTEP:in (The National Institute of Science and Technology Policy) Science Map -projekti on tutkinut toistuvasti vuodesta 2002 lähtien bibliometrisillä menetelmillä tieteen kentällä maailmanlaajuisesti tapahtuneita muutoksia. Kukin kahden vuoden välein tehdyistä tutkimuksista kohdistui yli viiteen miljoonaan tieteelliseen artikkeliin tutkimusta edeltäneiltä kuudelta vuodelta. Tutkimukset ovat perustuneet Thomson Reutersin tieteellisten artikkeleiden siteerausten indeksiin (Science Citation Index SCI), joka on seurannut julkaisemista noin 1500 tieteellisessä lehdessä. Viimeisin Science Map raportti tarkastelee kehitystä ajanjaksolla 2003–2008 (Saka ym. 2010). Kehitystä eri tutkimusaloilla on arvioitu seuraavalla tavalla:

- Tutkimusalojen merkitystä ja niiden välisiä yhteyksiä on tarkasteltu käyttäen 1 % eniten siteerattuja tutkimuspapereita kullakin tarkastellulla 22 tieteenalalla. Viimeisimmässä arvioinnissa tällaisia papereita oli noin 56 000.

- Em. paljon lainatuille papereille on muodostettu niiden keskinäistä läheisyyttä kuvaava mitta. Kahden paperin läheisyyttä kuvaa niitä molempia lainaavien artikkeleiden määrä jaettuna vain toista lainaavien paperien määrien tulon neliöjuurella (ns. co-citation analysis). Hyvin lähellä toisiaan olevat paperit tulkittiin samaan tutkimusalaan kuuluviksi. Näin muodostettuja tukimusaloja oli viimeismmässä tutkimuksessa 647 kpl. Kullakin tutkimusalalla on siis keskimäärin ollut noin 8 kärkiartikkelia ja yhteensä noin 800 julkaistua artikkelia.

- Tutkimusalueiden em. mittaan perustuvaa läheisyyttä on kuvattu kartalla. Kartalle muodostuu ”kuumia” alueita eli erityisen monien artikkeleiden/tutkimusalueiden keskittymiä.

- ”Kuumimpien” tutkimusalojen (121 kpl) tutkimuskohteita on analysoitu sisällönanalyysillä.

Ayaka Saka, Masatsura Igami, Terutaka Kuvahara (2010): Science Map 2008, Study on Hot Research Areas (2003-2008) by Bibliometric Method, Nistep publications 139 www.nistep.jp.

Kuten oheisesta tutkimusraportista Saka ym. (2010) lainatusta taulukosta ilmenee, selvästi eniten tarkasteluun päätyneitä tutkimusalueita on biotieteiden (life science) piiristä, vaikka niiden osuus on jonkin verran vähentynyt vuodesta 2002. Suhteellisesti eniten tutkimusalat ovat aikavälillä 2002–2008 lisääntyneet tietojenkäsittelyssä (computer science). Määrä on lähes kolminkertaistunut. Tämän alan osalta tieteellisen kiinnostuksen lisääntymistä voi pitää aitona. Muita tieteenaloja, joihin kiinnostus näyttäisi lisääntyneen, ovat insinööritiede (engineering), ympäristötutkimus/ekologia, geotieteet, materiaalitutkimus, psykiatria/psykologia ja matematiikka. Niiden osalta kyse voi kuitenkin olla mittausharhasta, jonka aiheuttaa seurattujen lehtien valikoiman muutos. Kasvun tasaisuudesta vuodesta toiseen voisi kuitenkin päätellä, että ainakin materiaalitutkimus ja psykiatria/psykologia ovat olleet aidosti kasvavan tieteellisen kiinnostuksen kohteina.

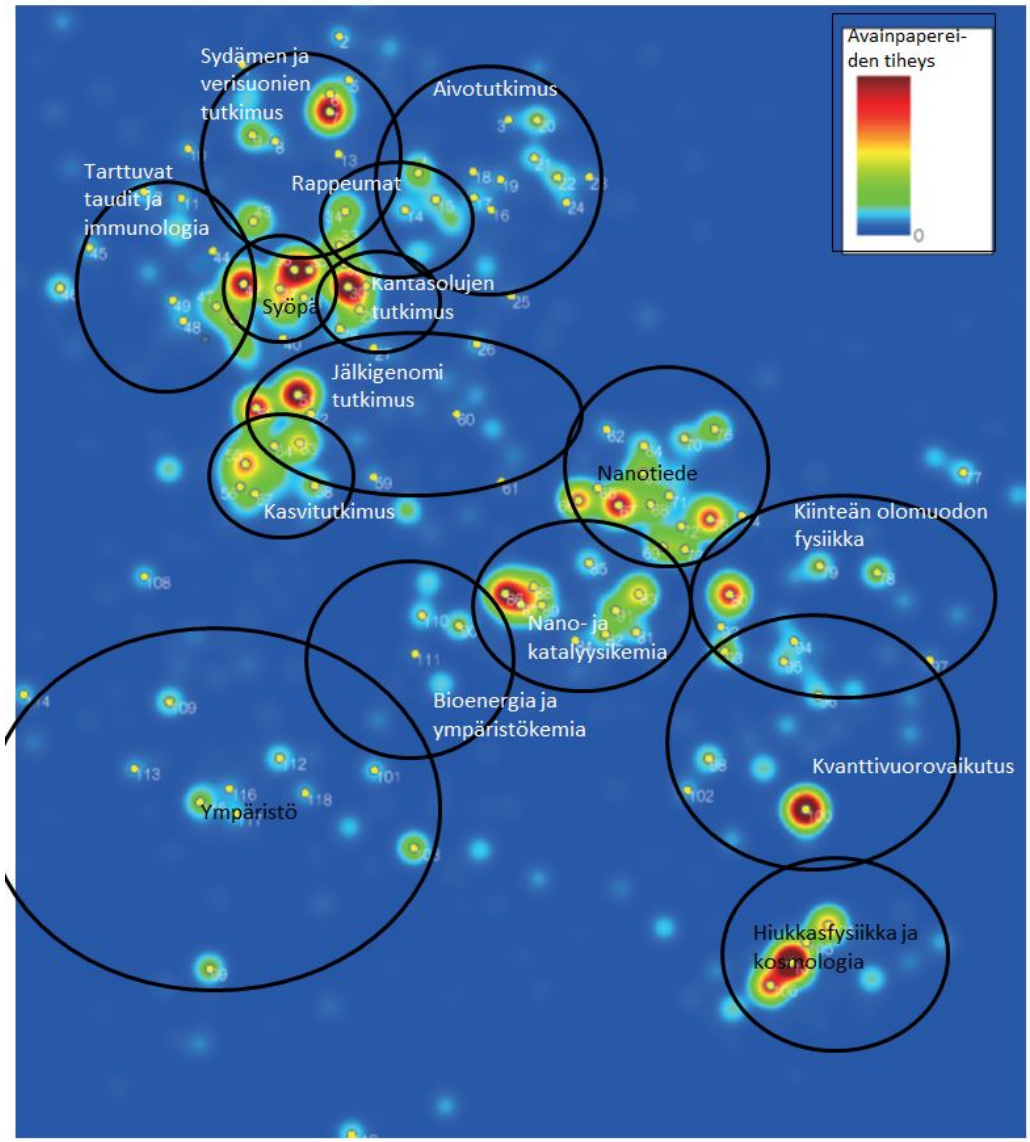
Taulukko Science Map:n klusteroimalla muodostetut tutkimusalueet 22 tieteenalla (Saka ym. 2010).

	All research areas in Science Map 2002	All research areas in Science Map 2004	All research areas in Science Map 2006	All research areas in Science Map 2008
Agricultural Sciences	111	131	56	106
Biology & Biochemistry	992	963	763	713
Chemistry	2245	2353	2286	2376
Clinical Medicine	3402	3471	3351	3458
Computer Science	122	157	335	350
Economics & Business	152	166	109	125
Engineering	735	729	730	971
Environment/Ecology	293	322	309	364
Geosciences	392	395	381	503
Immunology	310	287	254	259
Materials Science	494	545	606	597
Mathematics	139	155	142	218
Microbiology	291	247	319	289
Molecular Biology & Genetics	663	563	494	555
Inter-/Multi-disciplinary Research Areas	69	63	36	27
Neuroscience & Behavior	633	457	432	444
Pharmaceutical Science/Toxicology	175	134	134	103
Physics	2395	2644	2692	2742
Plant & Animal Science	1008	923	979	849
Psychiatry/Psychology	150	195	234	233
Social Science, general	323	304	193	177
Space Sciences	316	327	330	367
Total	15410	15531	15165	15826
Number of core papers in life science	7735	7371	7016	7009
Number of core papers other than life science	7675	8160	8149	8817
Percentage shared by life science	50.2%	47.5%	46.3%	44.3%
Percentage shared by fields other than life science	49.8%	52.5%	53.7%	55.7%

Note: In the table, colored fields indicate life science.

Data: Tabulated by the National Institute of Science and Technology Policy based on Thomson Reuters' "Essential Science Indicators."

Kuvaan 1 olemme tiivistäneet yhteenvedon klusteroinnin tuloksista Saka ym. (2010) vastaavaa klusterikuvaa hieman kehittäen. Kuvaan on sisällytetty Saka ym (2010) ”kuumimmiksi” tunnistamat 121 tutkimusalaa. Eniten paljon lainattuja tutkimuspapereita on alueilla jotka näkyvät kuvassa ruskeina tai keltaisina.



Kuva 1. Tulkinta tieteellisen tutkimuksen kartasta (Science map). (Muokattu lähteestä: Saka et al. 2010).

Saka ym. (2010) kartasta hahmottuu neljä selkeästi toisistaan erottuvaa tieteellisen kehityksen kuumaa aluetta.

Kuumin alue rakentuu geeni- ja kantasolututkimuksen ympärille. Sen kaikkein kuumin piste on syöpätutkimus ja sen tuntumassa rappeutumataudit. Näihin on luettavissa erityisesti liikalihavuuteen (obesity) liittyvät ongelmat ja Alzheimerin tauti. Klusterin laidoilla olevia aloja ovat sydämen- ja verisuonien tutkimus sekä tarttuvien tautien ja immunologian tutkimus. Laidalle asettuvat myös kasvien tutkimus ja aivotutkimus.

Toinen vahva tutkimuksen ala muodostuu nanotieteestä, kiinteän olomuodon fysiikasta sekä nano- ja katalyysikemiasta. ”Kuumin” kohta asettuu nanotieteen vaiheille. Tämän alueen ja life-science alueen välille hahmottuu alue, josta Saka ym. (2010) käyttävät nimeä Jälkigenomitutkimus. Nimi viittaa geenien vaikutustapojen yleiseen tutkimukseen, joka käynnistyi sen jälkeen kun organismien DNA:ta opittiin tehokkaasti lukemaan vuoden 2000 vaiheilla. Olemme laajentaneet tämän alueen pinta-alaa olennaisesti tuoden esille sen luonteen hedelmällisenä välialueena nanotekniikka-klusterin ja life-science-klusterin välissä.

Kolmas varsin voimaperäisesti kehittyvä tutkimuksen alue on alkeishiukkasfysiikka ja kosmologia. Pitkän aikavälin teknologian kehityksen kannalta erityisen kiintoisalta vaikuttaa tämän alueen ja nanotekniikkaklusterin välinen alue, johon asettuvat mm. optiikka ja erittäin aktiivisesti tutkittu vahvassa vuorovaikutuksessa olevat monen kvanttiluonnetta ilmentävän kappaleen systeemit (tutkimusalue 100). Tätä aluetta yhdistää kvanttiilmiöiden tutkimus, millä perusteella sen myös nimeän. Saka ym. (2010) ei nimeä tätä aluetta.

Neljännen kokonaisuuden kuumimman kohdan muodostaa ympäristötutkimus ja erityisesti ilmastonmuutokseen ja sen vaikutuksiin perustuva tutkimus. Sen yhdyssiteenä erityisesti nanotiedeklusteriin on klusteri, jolle olen antanut nimen Bioenergia ja ympäristökemia.

Ottaen huomioon sen että tieteellisestä tutkimuksesta huomattava osa tapahtuu menetelmätieteissä, yhteiskuntatieteissä ja humanistisissa tieteissä niiden osuus keskeisiksi tunnistetuissa tutkimusalueissa on hyvin vähäinen eikä niiden suhde edellä mainittuihin tutkimuksen kuumiin alueisiin hahmotu kartassa. Edellä esitetystä taulukosta voi päätellä, että Science Citation Index ei lue ryhmään ”science” valtaosaa pääryhmän ”oppimista tutkivat tieteet” tutkimusaloja. Niinpä yhteiskuntatieteistä vain tutkimusalueet ”Corporate governance (119) ja ”New trends of economic geography (121)” ovat Science Mapin erityisen kuumien tutkimusalueiden listalla. Menetelmätieteiden heikkoa asemaa kuvaa se, että puhtaasta matematiikasta kuumien alueiden listalle on päätynyt vain yksi, vaikka ilmeisesti matemaattisten journaaliartikkeleiden määrää on lisätty Thomson Reutersin tuoreimmissa perusaineistoissa.

Yksi perustavanlaatuinen ongelma Science Mapin käyttämissä tutkimusmenetelmissä on, että paljon lainatut tutkimuspaperit ovat tavallaan yhden sukupolven jäljessä siitä, missä tieteen kärki kulkee. Julkaisemisviiveiden vuoksi tiedeyhteisö ei voi osoittaa lainauksin tärkeiksi uusimpia tieteellisiä läpimurtoja. Vastaavan ongelman vuoksi patenttien tapauksessa on mielekästä käyttää paljon siteerattujen patenttien klusteroinnin - englanniksi co-citation analysis - asemasta samoja patentteja siteeraavien patenttien muodostamia klustereita ns. bibliometric coupling (Kuusi ja Meyer 2006).

Kun tieteellisiä artikkeleista muodostuvia klustereita käytetään radikaaleja teknologisia ratkaisuja mahdollistavien tieteellisten läpimurtojen jäsentelyyn, ongelmaa ei voi kuitenkaan pitää kovin vakavana. Perustuvathan teknologiset läpimurrot tyypillisesti tieteen kärkeä hieman vanhempiin ja varmistettuihin läpimurtoihin. Tästä syystä seuraavassa ei viitata Saka ym. (2010) tekemään tutkimukseen, missä asiantuntijoita pyydettiin täydentämään klusteroinnilla muodostettuja lupaavia tutkimusaloja.

Lupaavimmiksi arvioidut tutkimusalat voidaan jaotella edellä mainittuihin klustereihin taulukossa 2 esitettävällä tavalla. Tutkimusalueiden sijoittuminen samaan ryhmään perustuu alueiden yhteisiin siteerauksiin perustuvan läheisyyden ohella niiden muodostzaman alueen artikkelitiheyttä kuvaavaan ”kuumuuteen”. Emme seuraa kaikin osin Saka ym. 2010 ehdottamia jaotteluja. Olemme sijoittaneet kaikki tärkeiksi tulkitut 121 tutkimusaluetta johonkin kokonaisuuteen ja monet useampaan. Luokkaan Muut tärkeät tutkimusalueet jäi luonteeltaan hyvin paljon muista poikkeavat viisi tutkimusaluetta. Väärien tulkintojen välttämiseksi kuumat tutkimusalueet on mielekästä esittää englanniksi. Tätä ratkaisua voi perustella myös sillä, että tieteen yleiskieleksi on vakiintunut englanti.

Taulukko 2. Kuvassa 1 esitetyn tulkinnan purku: ryhmiin kuuluvat tieteenalat.

Ryhmät	**Erilliset tieteenalat**
Sydämen ja verisuonien tutkimus	1 Critically ill patient management (Particularly in cases of acute respiratory distress syndrome) 2 Effects and prognostics of device therapy for advanced heart failure 5 Clinical research on the control of cardiovascular incidents by antihypertensives and their impacts on diabetes 6 Coronary CT (computed tomography) 7 Treatment of acute coronary syndrome using antiplatelet drugs 8 Research on adverse effect of COX inhibitors 9 Mineral and bone metabolism disorders in chronic kidney disease 10 Prostate cancer/endocrine therapy/radiotherapy/effect and adverse effect 13 Effect and adverse effect of hormone replacement therapy (HRT)
Aivotutkimus	3 Medical therapy for neuropathic pain and fibromyalgia syndrome 4 Physiological function of endogenous cannabinoid system in central nervous system 14 Research on physiological role of peptide hormone in the brain 15 Molecular mechanism of the onset of Alzheimer's disease and the development of ways to prevent and treat the disease 16 Clinical research for Parkinson's disease 17 Neurogenesis in adult hippocampus (the understanding of phenomena and the development of clinical application) 18 Genetic research on schizophrenia and molecular pathogenesis investigations developed from the research 19 Brain-derived neurotrophic factor/brain morphology in schizophrenia/mood disorder 20 Clinical research on treatment of schizophrenia and bipolar disorder 21 Molecular neuroscience of emotion and its pathological conditions

	22 Research on higher brain functions unique to humans using functional brain imaging 23 Brain neural mechanisms for decision-making 24 Neural mechanisms for emotion/empathy and imitation/context
Tarttuvat taudit ja immunologia	10 Prostate cancer/endocrine therapy/radiotherapy/effect and adverse effect 11 Pathological condition and treatment of bronchial asthma 12 Clinical research on early diagnosis, prevention and treatment of deep mycosis 41 Production of interferon by innate immunity 42 Differentiation mechanism of T cell subsets and their role in disease 43 Control of autoimmune disease by immunoregulatory mechanism of biological drugs 44 NK cell receptor and its ligand that inhibits activation 45 Development of human papillomavirus vaccine 46 Development of drug resistance in Staphylococcus aureus and ways to cope with it 47 Process of early infection with Hepatitis C virus and its treatment 48 Control of HIV infection 49 Research on anti-HIV drugs
Kantasolut ja regeneratiivinen lääketiede	27 Hydroxylation modification of HIF and HIF and regulation of mitochondrial function 28 Molecular mechanism of apoptosis (cell death) 29 Role of autophagy in health and disease 30 Research on regenerative medicine and stem cells 31 Research on aging-suppression and longevity-control factors in individual and organ stem cells
Rappeumat ja niiden ehkäisy	15 Molecular mechanism of the onset of Alzheimer's disease and the development of ways to prevent and treat the disease 16 Clinical research for Parkinson's disease 32 Metabolism control through PGC-1 and insulin resistance 33 Genetic epidemiologic research on complex genetic disease 34 Elucidation of pathogenic mechanism of lifestyle-related diseases resulting from obesity
Syöpätutkimus	28 Molecular mechanism of apoptosis (cell death) 35 Development of drug therapy/genome sequencing technology for breast cancer 36 Molecular biological approach to human malignancies 37 Multiple myeloma/new medicament 38 Research on the development of molecular targeting anticancer drugs including HDAC inhibitors 39 Activation of tyrosine kinase and its drug resistance 40 Role of ubiquitin modification system in NF-kB activation

Jälkigenomi-tutkimus	25 Molecular mechanisms for excitatory synaptic plasticity 26Biological implication of protein aggregation from the viewpoint of common denominators in transmissible aggregate "prion" and amyloid-like 27 Hydroxylation modification of HIF and HIF and regulation of mitochondrial function 28 Molecular mechanism of apoptosis (cell death) 50 Network science 58 Microorganism ecosystem 59 Systems biology/synthetic biology 60 Structure and functions of G-protein-coupled receptor 61 Analysis of dynamic behavior of proteins
Kasvien tutkimus	51 Gene silencing/plant hormone 52 Redox control 53 Environmental responses of plants/metabolome analysis/proteome analysis 54 Mechanisms for generation of nitric oxide in plants and its physiological role 55 Defense mechanism of plants against infection 56 Plant-microorganism interactions/strigolactones 57 Plant developmental genetics/carbohydrate metabolism
Nanotiede	62 Microchannel device 63 Semiconductor-spintronics material/magnetic semiconductors 64 Research on creation and application of nanofibers 65 Development of nanostructure using nucleic acid 66 Living radical polymerization/click reaction/molecular machine 67 Synthesis, function and toxicity of sensors/SWNTs/functional DNAs/nanoparticles, etc. 68 Bioapplications of gold nanorods 69 High-efficiency electroluminescence (EL) element 70 Superhydrophobic surface 71 Mesoporous material/silica, carbon and metal oxide 72 Nanomaterial synthesis in ionic liquid/hollow and mesoporous material 73 Ionic liquid 74 Development materials from carbonate following the examples of nanocar-bons and living organisms 75 Organic/organic-oxide semiconductors - Photo- and electro-functional materi-als and elements 76 Solid macromolecule type fuel cell
Kiinteän olomuodon fysiikka	77 Formation of bulk metallic glass/transformation of metal glassy alloys 78 Ferroelectric property in new materials such as multiferroics, etc. 79 Metal-based spintronics 80 Physics and chemistry of molecular substance 92 Electromagnetic response of surface plasmon in artificial structures 93 Meta material 97 Novel electronic order in high-temperature superconductivity

Nano- ja katalyysikemia	81 Nanochemistry of gold 82 New-generation density functional theory for large-scale molecular calculation 83 Design and functions of configurational space and coordination lattice 84 Research on hydrogen bonding 85 Anion sensors 86 Catalytic asymmetric synthesis 87 Molecular conversion reaction using transition metal catalyst 88 Synthesis of N-Heterocyclic carbene (NHC) and its application to catalytic reactions 89 Direct carbon bond formation through transition metal catalytic reactions
Kvantti-ilmiöt mm. optiikka	94 Optical quantum information/communication, optical nanoscience 95Qubits using semiconductor quantum dots/electronic charge, electron spin and nuclear spin 96 Quantum information science using atomic system/photons 98 Ultrafast and ultraintense optical science 100 Strongly interacting quantum many-body system 102 New technologies related to solid oxide fuel cell (SOFC)
Hiukkasfysiikka ja kosmologia	104 Gauge/gravity theory correspondence and black hole solutions 105 Gamma-ray burst 106 Elementary particle physics/elementary particle astrophysics 107 New developments in cosmology and elementary particles theory owing to advancement in precise observation of space
Bioenergia ja ympäristökemia	90 Microbial fuel cells/microbial cells/enzyme-based biofuel cells 91 Complex hydrides associated with hydrogen production and storage and fuel cells 110 Environmental chemistry of bromine flame retardant 111Environmental burden of drugs and other industrial chemicals and technologies to reduce the burden
Ympäristö ja erityisesti ilmastonmuutos	101 Studies on the evolution of air and living organism in early earth and its analytical approach 103 Earth in the Precambrian era 109 Warming impact/bio- and eco-systems 112 Organic aerosol 113 Observational studies on carbon balance in continental ecosystem 114 Stability discrimination/stabilizing control of delay system using matrix inequality 115 Atmospheric composition and minor constituents 116 Climate change simulation including aerosol effects 117 Sea level fluctuations/seawater density/ice sheet/water circulation 118 Restoration of the past global environmental change

Muut keskeiset alueet tiedekartalla	99 Limitation and application to signal processing/information theory using "sparse" property of source 108 Emergence process of Homo sapiens 119 Corporate governance 120 New asymptotic expansion method for nonlinear differential equation and its application 121 New trends in economic geography - Evolutionary economics and relational logic

Vertailemalla klusterikuvia vuosien 2002–2008 tutkimuksissa (kuva 2), nähdään että klusterirakenne on säilynyt melko samanlaisena. Saka ym. (2010) tunnistaa vapaasti lainaten seuraavia muutoksia:

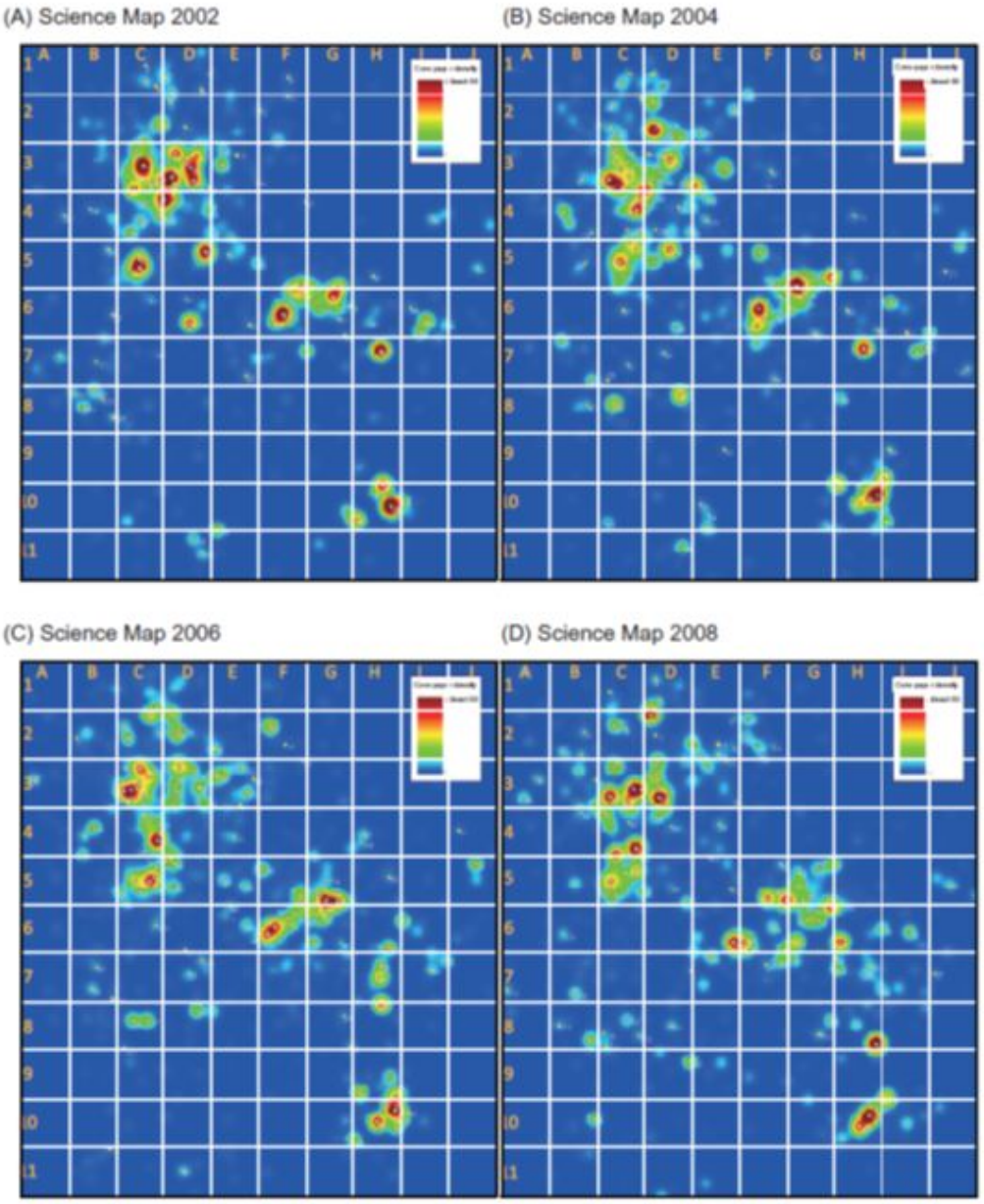
- Keskeiset tutkimuksen kuumat alueet ovat lähestyneet toisiaan. Tämä kertoo tieteen yhdentymisestä kohti eräänlaista kokoavaa universaalitiedettä. Klustereiden lähestyminen näkyy erityisesti biotieteiden ja nanotieteiden lähestymisenä sekä kiinteän olomuodon fysiikan, hiukkasfysiikan ja kosmologian yhdentymisenä. Tätä johtopäätöstä tukevat myös Nistepin pyytämät asiantuntija-arviot. Asiantuntijoiden erityisen kiinnostaviksi lähivuosina kuvaamat tutkimusalueet olivat tyypillisesti monitieteisiä tai tieteidenvälisiä.

- Biotieteiden ja nanotekniikan välillä eräänlaisena yhdistävänä linkkinä toimii vuoden 2008 tutkimuksessa aikaisempaa selvemmin jälkigenomitutkimus ja erityisesti sen keskiössä oleva mikrobiosirujen käyttö geenien toiminnan estämisessä (kuuma tutkimusalue Gene silencing/plant hormones). Nanotekniikan suunnasta yhdistävä tutkimusalue oli ”Microchannel devices”. Aiemmissa tutkimuksissa yhdistävässä roolissa toimi selvemmin proteiinien tutkimus. Saka ym. (2010) toteavat uusien yhdistävien tutkimusalueiden liittyvän nopeaan ja edulliseen DNA:n lukemiseen. Toisaalta mikrokanavat ovat olennaisia kaikenlaisten nanomittakaavan kemiallisten reaktioiden ohjauksessa.

- Vuoden 2008 Science Mapissa tutkimusalue "Strongly interacting many body systems” toimi yhdistävänä linkkinä kiinteän olomuodon fysiikan, hiukkasfysiikan ja kosmologian välillä. Vielä vuoden 2002 Science Mapissa kvarkkien tutkimus, Bose–Einstein condensate (BEC) ilmiön tutkimus sekä suprajohtavuus ja nesteen tavoin käyttäytyvä kiinteä aine (superfluidity) esiintyivät erillisinä. Vuoden 2008 tutkimuksessa nämä olivat lähellä toisiian siten, että quarkien ja Bose–Einstein condensate tutkimus olivat siirtyneet lähemmäksi kiinteän olomuodon fysiikkaa ja suprajohtavuus ja superfluidity hiukkasfysiikkaa ja kosmologiaa.

- Yhdysvaltojen johtoasema eniten lainattujen tieteellisten artikkelien tuottajana oli selvä 2008 tutkimuksessa. Osuus kuitenkin laski vuoden 2002 51,8 %:sta 43,5 %:iin vuoden 2008 tutkimuksessa. Hieman yllättävästi Euroopan suurimmat maat Saksa, Ranska ja Iso-Britannia säilyttivät osuutensa suunnilleen samana (18,2 % 2008) tai toisella monien tekijöiden yhteisartikkeleita suosivalla laskuta-

valla jopa selvästi lisäsivät sitä vuodesta 2002 vuoteen 2008. Kiinan osuus kasvoi odotetusti erittäin nopeasti saavuttaen lähes saman tason Japanin kanssa vuoden 2008 tutkimuksessa (5.2 % ja 5,4 %). Verrattuna Itä-Aasian asemaan teollisten hyödykkeiden tuottajana sen osuus tieteellisessä tutkimuksessa on kuitenkin hyvin vaatimaton. Erityisen selkeä tämä epäsuhde on Etelä-Korean osalta. Sen osuus eniten lainatuissa artikkeleissa oli vuoden 2008 tutkimuksessa vain 1,0 %.



Johtopäätöksiä

Kehitys paljon siteeratuissa tieteellisissä julkaisuissa korostaa erityisesti kahta ”kuumien tutkimusalueiden” välistä rajapintaa. Nämä ovat rajapinnat life-science alueen ja nanotekniikan välillä sekä kiinteän olomuodon fysiikan ja hiukkasfysiikan välillä. Edellistä rajapintaa luonnehtii niitä yhdistävä ”jälkigenomiikan” alue. Saka ym (2010) korostovat erityisesti yhtä keskeistä teknologista ratkaisua tällä alueella: mikrobiosirua. Jos Thomson Reutersin aineiston pohjalta haluaa nostaa esiin yhden erityisen lupaavan kehityskulun maailmanlaajuisesta kehityksestä tieteessä 2003–2008, sellaiseksi voisi nimetä geenitiedon soveltamisen mikrosiruteknologiaa tai alle 100 nanometrin putkistoja/suodattimia käyttäen. Suomalainen tiedeyhteisö näyttää havainneen tämän haasteen siitä päätellen, että Suomen Akatemian Biotieteiden ja ympäristötutkimuksen toimikunta nosti tekemässään SWOT analyysissä keskeiseksi haasteeksi bioinformatiikan osaajien puutteen Suomen tieteen tila 2012 raportissa. Toinen tieteen kehityksen varsin lupaavalta vaikuttava kehityskulku näyttäisi liittyvän alkeishiukkasfysiikan kehitykseen, mikä tekee kvantti-ilmiöt entistä hallittavammiksi.

Miten tieteen kehitys Suomessa vastaa yleistä maailmanlaajuista kehitystä ja voidaanko Suomella päätellä olevan julkaisujen perusteella erityisiä tieteeseen perustuvia vahvuuksia? Viljamaa ym. (2010) ovat julkaisseet myös Thomsom Reutersin aineistoon 2006–2008 perustuvan kuutta maata vertailevan taulukon. Verraten tätä taulukkoa Saka ym. (2010) tutkimusalueiden tieteenalottaiseen taulukkoon, voi päätellä, että ko. aikana Suomi panosti suhteessa muihin maihin erityisen paljon tietojenkäsittelytieteeseen. Panostus oli Ruotsin tasoa jopa kolminkertaista keskimääräiseen maailmanlaajuiseen panostukseen verrattuna. Toinen suhteellisesti vahva panostuksen kohde olivat ympäristötieteet. Ehkä hieman yllättäen Viljamaan ym. (2010) mukaa Suomi jäi maa- ja metsätalouteen liittyvien artikkeleiden suhteellisessa määrässä jälkeen Irlannista, Tanskasta ja Norjassta. Verrarttuna maailman keskimääräiseen panostukseen Suomren panostus oli kuitenkin selvästi suhteellisesti suurempi

	Tanska	Suomi	Irlanti	Alankomaat	Norja	Sveitsi
Maatalous- ja metsätieteet	6,5	5,6	8,2	3,6	6,4	4,6
Humanistiset tieteet	1,8	1,8	2,9	2,2	2,4	1,4
Biologia	5,5	5,9	3,1	4,1	7,4	4,6
Biotieteet ja biolääketiede	17,9	13,7	13,8	14,3	11,4	15,8
Kemia	5,9	6,3	7,4	5,4	4,7	9,6
Kliinisen lääketiede	28,9	25,4	26,1	34,9	25,9	27,0
Teknillikka	6,2	7,4	7,1	6,2	7,3	6,6
Ympäristötieteet	1,8	2,3	1,3	1,1	2,1	1,3
Geotieteet	3,0	2,5	2,0	2,2	6,4	3,6
Terveystieteet	4,4	4,7	3,0	3,5	5,1	2,1
Tietojenkäsittelytieteet	3,5	7,1	7,0	4,0	4,0	4,8
Matematiikka	1,8	2,4	2,8	1,8	2,6	2,1
Fysiikka	7,3	8,7	8,7	6,9	4,8	11,6
Yhteiskuntatieteet	5,4	6,2	6,7	9,7	9,4	4,8
Muut julkaisut	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Yhteensä	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Kimmo Viljamaa, Janne Lehenkari, Tarmo Lemola ja Terhi Tuominen (2010) Tutkimuspolitiikan välineet ja käytännöt– viiden maan vertailu Suomen Akatemian julkaisuja 2/10

Tieteen kehityssuuntia 2: Towards 2020 Science -raportti ja tiekartta

"Towards 2020 Science" -raportti suuntautuu tietojärjestelmätieteen ja informaatioteknologian mahdollisuuksiin tieteessä, korostaen biologisia tieteitä. Voi siis todeta, että raportti on painottunut selkeästi tietylle tieteen osa-alueelle. Teemme tällä kolmostasolla oletuksen, että informaatioteknologia on keskeinen läpileikkaava ja mahdollistava teknologia lähestulkoon millä tahansa tulevaisuuden teollisella alalla. Tästä syystä raportti on mallillemme oleellinen taustamateriaali, joskin pyrimme suhtautumaan siihen varaukset tiedostaen.

Raporttia (2006: 4)mukaillen sillä on seuraavat tavoitteet: stimuloida keskustelua tieteen kehityksen suunnista tiedeyhteisössä; informoida tiede- ja teknologiapoliittista ajattelua

ja istuttaa muuttuvan tieteen näkökulma tähän ajatteluun; sekä pyrkiä integroimaan tietoteknistä ajattelua ja tuoda tätä fysikaalisia ja biologisia tieteitä.

Raportissa (2006: 8) on seitsemän keskeistä löydöstä, jotka tiivistämme seuraavassa:

1. Tietojärjestelmätieteen ja luonnontieteiden risteyskohdassa tapahtuvalla kehityksellä on todennäköisesti suuria vaikutuksia tieteeseen ja tieteen käytäntöihin. Tietojärjestelmätieteen käsitteet, työkalut ja teoreemat integroituvat tiukasti tieteen perusytimeksi.

2. Tietojärjestelmätieteen työkaluja käytetään tällä hetkellä laajasti jo muilla aloilla, kuten esimerkiksi biologiassa ja kemiassa. Erityisesti biologiassa tietojärjestelmätiede on nousemassa samanlaiseksi perustavanlaatuiseksi mahdollistajaksi kuin matematiikka on fysiikalle.

3. Tietojärjestelmätieteen käsitteet ja työkalut noussevat kolmanneksi oleelliseksi komponentiksi matemaattisten ja tilastotieteellisten menetelmien rinnalle luonnontieteellisessä tutkimuksessa.

4. Kokonaisvaltainen tietämyksen, informaation ja datan hallinta nousee yhä tärkeämpään rooliin.

5. Kokonaisvaltainen tiedonhallinta vaikuttanee myös tieteelliseen julkaisutoimintaan.

6. Myös tietojärjestelmien tieteellinen perusta kehittyy uudella tavalla, kun aletaan laajamittaisesti omaksua biologisia systeemimalleja ohjelmistojen perustaksi.

7. Tietotekninen lukutaito on keskeisessä roolissa tulevaisuuden tieteentekijällä.

Seuraava taulukko 3 kiteyttävä tulkinta alla olevista taulukoista 4, 5, 6, 7, ja 8.

Taulukko 3. Kiteyttävä tulkinta Towards 2020 Science -tiedetiekartasta.

	State-of-the-art	**Keskipitkä (2015)**	**Pitkä (2015)**
Tavoitteet (*Goals*)	• First steps in systems biology • ICT-based systems for analysis	• Systems biology as mainstream • Data integration and 'big data' analysis • Modelling complex systems • Individualised medicine	• Systems understanding in biology and in physics • Complexity modelling
Tieteelliset haasteet (*Scientific challenges*)	• First explorations in multiple data integration • Dynamic ICT models • Network analysis	• Computational system models • Autonomous analysis of complex systems • Dynamic ICT models in wide use	• In silico systems biology • Molecular computing
Tietojärjestelmätieteen käsitteet ja työkalut (*Concepts / Tools from computer science*)	• Molecular machines and computing • Multi-scale modelling • First steps in autonomous experimentation	• Applications of advanced machine learning in science • Autonomous experimentation • High-speed experimentation	• Autonomous experimentation and sensor in routine use • Prediction of complex emergent behaviours • Predictive modelling and integration of scales: from sub-atomic to global • Biology-inspired computing paradigms •
Laskenta-alustat (*Computational platforms*)	• Metadata • Data security • Semantics • Large-scale sensor networks	• Advanced text mining and natural language processing • 'Service-Oriented Architectures' in science • Wide use of context data • Molecular computing: knowledge base, building blocks	• Informed, intelligent matter
Aiheet (*Issues*)	• Parallel, multi-core processors • Data sharing communities • Open source	• Different datasets, models and algorithms used routinely in science • Innovation in computational science radicalises enterprise / business computing • Software complexity:' industrial-scale' support to ensure robustness	• Education

Taulukko 4. Towards 2020 Science -raportin tiedetiekartta: tavoitteet. (Tiekartta muokattu taulukoksi).

	State-of-the-art	Keskipitkä (2015)	Pitkä (2015)
Tavoitteet (*Goals*)	LHC preparation Systems biology emerges as new discipline Ex vivo molecular-computer diagnosis LHC switch-on Automated remote species-identification Reliable global warming, natural disaster and weather-prediction models Keystone-species identification	• Systems approach to biology becomes mainstream • In vivo molecular-computer diagnosis • Comprehensive biological data integration: majority of 'omes co-analysable • Individualised medicine • Modelling based vaccines • Finding the Higgs boson? • Predictive models of: effects of rainforest destruction, forest sustainability, effects of climate change on ecosystems, effects of climate change on foodwebs, restoration ecology planning, global health trends, sustainable agriculture solutions • Full model of a single cell	• Full model of a multi-cellular tissue/organ/organism • Foundational theory of Global Ecosystems • First purely in silico developed drug comes to market • Personalised in situ molecular-computer 'smart drug' • Verifiable global ecosystem models • Verifiable global epidemic models • Predictive model of effects of human activities on Earth's life support systems • Predictive models (mathematically precise, definitional, verifiable) of biological systems (cells, organs, ecosystems) • Understanding complex biological systems, from cells and organisms to ecosystems • Comprehensive codification of biological knowledge • Understanding the make-up of the Universe • Understanding of Earth's life support systems

Taulukko 5. Towards 2020 Science -raportin tiedetiekartta: tieteelliset haasteet. (Tiekartta muokattu taulukoksi).

	State-of-the-art	**Keskipitkä (2015)**	**Pitkä (2015)**
Tieteelliset haasteet (*Scientific challenges*)	• Initial metagenomics theory and data required for theoretical underpinning of biodiversity • New representations of biological systems as: Logical schemas (ontologies); Programs (FORET); Equations (e.g. Lotka-Volterra) • Integration of, and access to, oceanographic data, climate data, remote sensing data, taxonomic data, demographic data, disease surveillance data, species data, metagenomics data • Statistical and correlative models and analysis. Able to deal with sparse / noisy data; niche modelling (e.g. GLIM, GAM, GARP); pattern analysis classification; cluster analysis; novel visualisation; parameter estimation • Population dynamic-models emerging: non-local interactions, spatially explicit, non-linear, stochastic • Understanding / codification of metabolic pathways and gene regulation network • Main disease pathways and gene networks identified	• Computational model of carcinogenesis • Compositional virtual cell • Autonomous observation and analysis of complex ecological data • 'Postdictive' modelling possible for wide range of systems • In silico models in biology now in widespread use • Cell cycle model • Cell differentiation model	• Biological systems abstraction, perturbation and falsification / verification • Molecular computers increasingly used to design alternative 'smart' medical therapies • A computational theory of synthetic biology • Biological products designed by simulation / synthetic biology

Taulukko 6. Towards 2020 Science -raportin tiedetiekartta: tietojärjestelmätieteen käsitteet ja työkalut. (Tiekartta muokattu taulukoksi).

	State-of-the-art	**Keskipitkä (2015)**	**Pitkä (2015)**
Tietojärjestelmätieteen käsitteet ja työkalut (*Concepts / Tools from computer science*)	• Molecular computer proof of concept for 'smart drugs' • Emergence of Synthetic Biology (e.g. Biobricks) • Mobile Ambients, Brane calculus • Stochastic π-calculus • Statecharts and visual formalisms being used to research chemical and biological challenges • Inductive Logic Programming used to discover families of protein folds in proteomics • Bayesian networks used to model effects of toxins in metabolic pathways • Integration of computing, computer science and mathematics leads to integration of modelling, experimental and theoretical approaches in science • Emergence of molecular machines • Codification of Biology begins: Emergence of Abstract Machines for biology (e.g. using Process algebra [π-calculus – SPiM, PEPA]) • Application of Kolmogorov complexity concepts start to enable understanding and measurement of biological complexity across scales • Multi-scale modelling: micro-macro model integration; stochastic/deterministic model integration; hierarchical modelling architecture • Active Learning techniques proliferating in science – towards autonomous experimentation (and understanding the brain) • Integration of sensors (environmental, physiological, chemical) and machine learning and data management – towards autonomous experimentation • Scaling of Bayesian inference to very large data sets	• Mathematical and empirical verification / proofs of computational models • Efficient software for parallel linear and non-linear algebra applicable to full matrices of dimension – 10^4-10^5 • Autonomous Experimentation – 'Artificial scientist' • In silico – in vivo integration: Chemical Universal Turing Machine • A new kind of lab-on-a-chip enabling high speed experimentation, hypothesis formulation and concept formation • Applications of algebraic concurrency theory enabling significant breakthroughs in understanding and predicting behaviour of complex natural systems • Widespread de novo creation of models, theories and solutions (e.g. protein-drug candidates) from data using advanced Machine Learning	• Autonomous experimentation and sophisticated sensor networks being used routinely to undertake otherwise impossible experiments • Abstraction, descriptive complexity and formal verification concepts from computer science enable both postdictive and predictive multi-scale modelling • Computer science concepts now core discipline in natural sciences (as mathematics are today in physical sciences) • Compositionality enables prediction of emergent behaviours of composite entities • Abstract Machines / codification concepts and tool evolution now start to enable initial predictive modelling from molecular to population biology level (e.g. metagenomics, speciesbiodiversity, epidemiological level) including non-local interactions with climate and intervention data and models • Novel, biologically inspired, computing architectures and paradigms ("Building blocks of next century of computing")

Taulukko 7. Towards 2020 Science -raportin tiedetiekartta: laskenta-alustat. (Tiekartta muokattu taulukoksi).

	State-of-the-art	**Keskipitkä (2015)**	**Pitkä (2015)**
Laskenta-alustat (*Computational platforms*)	• Proof of concept of autonomous experimentation • Computational science 'Workflow' engines (e.g. SEEK, Taverna) • Deployment of 'Grid' infrastructures for doing 'large scale' science, e.g. LHC • (CERN) and associated data acquisition and analysis systems (ROOT) • XML and Web Services • Metadata • Data provenance • Data security • Commodity HPC clusters increasingly available/affordable, ushering move towards use of industry standard/common operating systems for 'scientific computing' • Data semantics • Tools for designing functional ensembles of molecules • Evolving Semantic Web • Next generation peer-to-peer infrastructure for connecting distributed components to 'do' science • 'Smart Data Cubes' from Online Analytical Processing (OLAP) used in science for large-scale complex data analysis and visualisation • Radical changes underway towards parallel and distributed software architectures / programming models as a result of mass move to multi-core processors • Information retrieval and search for novel data types • Expanding use of COTS (customised off the shelf) software / technology: moving away from 'build your own' in science • Data and metadata availability / requirement from publishers, together with increasing online availability, starts to transform publishing model • Metadata published with data to make it usable • Move towards program execution for scientific applications hosted in database (taking the application to the data, rather than the data to the application) • Component-based programming models and software services in science emerging to exploit multi-core hardware architectures • 'Active XML' for ubiquitous data • Data 'behind' scientific papers available in machine readable formats • Integration of data,metadata, open access and publishing continues to transform scientific publishing model • •	• Text mining & Natural Language Processing enable documents to be categorised and stored in a multidimensional ''Ontosemantic File Systems for Science'' (OSFS) • Managed platforms and 'Service-Oriented Architectures' being widely created and adopted in science and scientific computing, but also for the 'new kinds' of conceptual and technological tools in science • Knowledge base for molecular mechanisms and architectures • Tagging of each datum with context data – birth of a 'serendipity engine' after 'search engine' or 'Google labs' • Journal / database hybrids • Innovative simulation and visualisation (at intersection of games technology and machine learning) enabling new insights into complex phenomena and models • Truly smart lab-books • Symbolic computation integrated into scientific databases and programming languages • Advances in database technology start to enable: Scalability, distributed optimisation, fault-tolerance, self-management and integrations of heterogeneity, metadata and schematisation. • Concept of intelligent interaction starts to become a reality (combining data cubes, transformations in science publishing, visualisation, distributed data management). Easy to program, easy to use interfaces and smart lab-book devices/ interfaces • Development of equivalent of 'Office' for Scientists – Integrated suite of easy to use, standardised, well maintained applications spanning mathematical libraries, algorithms, data management, scientific paper writing, visualisation and theoretical tools (e.g. symbolic maths) that work together well • Functionalised molecular building blocks:	• Made for purpose 'informed matter' (from supramolecular chemistry)

	• Large-scale sensor networks starting to proliferate	repertoire of macromolecules with known, consistent and compositionally exploitable behaviour • • • Broadly available domain-specific computational frameworks, components, reference architectures • Ability to rapidly build complex distributed systems from shared components that are: trustworthy, predictable, reliable, scalable and extensible	

Taulukko 8. Towards 2020 Science -raportin tiedetiekartta: aiheet. (Tiekartta muokattu taulukoksi).

	State-of-the-art	**Keskipitkä (2015)**	**Pitkä (2015)**
Aiheet (*Issues*)	• Moore's law re-defined: move to parallel, multi-core processors – and consequent need to define architectures for multi-core computing • Emergence of communities that build / share scientific / statistical computing tools (e.g. 'R' statistical computing and graphics project / community) • Data curation: how, who and who pays? • Need for better collaboration between computer scientists and other scientists, and industry – how to build new kinds of communities • Education – how to produce 'new kinds' of scientists now urgently needed (computationally and mathematically highly literate) • Commercial software enterprises increasingly working with science community to freely provide code, applications and components to science community on shared-source basis • How to ensure new kinds of tools are user (scientist) friendly? • 'Data deluge' continues to increase • Open Source development, investment and economic model starts to mature • Need to raise public awareness of science and global challenges • Need to raise public awareness of science and global challenges • New kinds of communities emerging as a result of need and co-involvement of governments, science community and industry	• Versioning of datasets, models and algorithms used routinely and widespread in science • Education – how to produce 'new kinds' of scientists now urgently needed (computationally and mathematically highly literate) • Innovation in computational science platforms, software frameworks and applications flowing back into, and radicalising, mainstream enterprise / business computing • Overwhelming software complexity demands 'industrial-scale' and industry-wide support to ensure reliability, robustness	• Education – how to produce 'new kinds' of scientists now urgently needed (computationally and mathematically highly literate)

Tulevaisuuden suomalaisen teollisuuden painopisteitä: VTT:n teknologiavisiot

Kolmannessa näkökulmassa kahteen edelliseen näkökulmaan kytketään mukaan suomalaisen teknologiakehityksen state-of-the-art-näkökulma. Tämän näkökulman muodostaminen perustuu pääosin Teknologian tutkimuskeskus VTT:n julkisissa strategia-aineistoissa esittämiin teknologiavisioihin. Kolmannen näkökulman oletus on se, että Teknologian tutkimuskeskus VTT:n teknologiavisiot kiteyttävät pitkälti suomalaisen teknologiaintensiivisen teollisuuden keskeiset painopisteet, ja näin ollen näitä visioita voi käyttää indikoimaan laajemminkin suomalaisen teknologiateollisuuden kokonaiskuvaa.

VTT:n teknologiavisio jäsentyy kahden laajan yhteiskunnallisen ajurin ympärille (VTT 2010). Ensimmäinen näistä on kestävä kehitys ja toinen digitaalinen maailma. Näiden kahden ajurin väliseen ”jännitteeseen” pohjautuvat seuraavat painotukset (mukailtu lähteestä VTT 2010):

- **Kestävä energia:** ratkaisut ilmastomuutokseen; energiatehokkuus; uusiutuvat energialähteet

- **Hyvinvointia edistävät teknologiat:** terveyttä edistävät elintarvikeratkaisut; lääkekehitys ja diagnostiikka; terveyden ICT-ratkaisut

- **Uudet materiaalit:** biomassapohjaiset tuotteet; teolliset biomateriaalit; funktionaaliset materiaalit; uudistuva paperi

- **Elektroniikan erikoistuotteet:** suorituskykyiset mikrosysteemit; painettu älykkyys; optiset instrumentit

- **Ekotehokas rakennettu ympäristö:** ekotehokas liikenne ja yhdyskuntarakenne; ICT:n hyödyntäminen

- **Älykkäät tuotteet ja tuotanto:** digitaalinen tuote-prosessi; globaali hajautettu tuotanto; älykkäät koneet ja materiaalit

- **Älykäs ympäristö:** digitaaliset palvelut; verkotetut laitteet ja ympäristöt; ihminen-teknologia vuorovaikutus

- **ICT-teknologiat:** kognitiiviset viestintäjärjestelmät; uuden sukupolven Internet; tietoturva

VTT:n teknologiavisiota voidaan verrata luvussa kaksi esitettyihin arvonluontiverkostoihin ja luvussa kolme esitettyihin radikaaleihin teknologioihin. Voidaan havaita tässä raportissa esitettyjen arvonluontiverkostojen erottelevan arvonluontia tässä esitettyjä ajureita huomattavasti laajemmin ja siten selittävän todennäköisesti tärkeiksi osoittautuvia radikaaleja teknologioita tätä kehikkoa paremmin, mutta suurelta osin osoitetut alueet ovat päällekäisiä. Tämä on ymmärrettävää, koska VTT:n tarkastelu rajoittuu teollisuuden tarpeisiin, ja radikaalien teknologioiden esiinmarssia selittää usein toimialojen murros.

5 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

5.1 Yhteenveto raportissa esitetyn nelitasomallin tuloksista

Tämän työn tärkein tulos on menetelmä teknologiaratkaisujen kansallisen tärkeyden arviointiin. Menetelmä on systemaattinen ja kykenee selkeästi sekä perustellusti laittamaan tärkeysjärjestykseen erilaisia teknologioita. Samalla syntyy rakenne, jossa asioiden tärkeydestä ja mahdollisista vaikutuksista on aiempaa helpompi keskustella jäsentyneesti ja ottaen erilaisia arvonäkökulmia huomioon.

Metodin tärkeimmät tulokset on kirjattu kokonaisuudessaan lukuun 2, jossa työssä laajasti kootut radikaalit teknologiset ratkaisut on kuvattu ja kullekin ratkaisulle on määritelty suhteellinen tärkeys tähtiluokituksen avulla. Arviossa on otettu huomioon ratkaisun avaama potentiaali jokaisessa arvonluontiverkossa, ratkaisun kypsyys, suomalainen osaaminen ja valmiit vientikanavat sekä tieteellisen ja markkinakehityksen laajuus. Arvioiden perusteet on tarkemmin esitetty kohdassa 5.2 ja liitteenä olevassa taulukossa, jossa on tekijöiden useaan kertaan arvioimana kaksituhatta viisisataa erillistä arviointikohdetta. Näiden arvioiden laskennallisena summana radikaalit teknologiset ratkaisut on saatu järjestykseen. Tärkeimmät 25 ratkaisua ovat saaneet neljä tähteä, seuraava neljännes on merkitty kolmella tähdellä, sitten kaksi tähteä ja viimeinen neljännes on saanut yhden tähden. Vaikka yksittäisissä arvioissa on subjektiivisuutta, ovat arviot useiden asiantuntijoiden tarkastamia, eikä menetelmä ole kovin herkkä yksittäisten arvioiden mielipiteistä riippuville vaihteluille.

Seuraavassa on lueteltu ylimmän tähtiluokituksen saaneet radikaalit teknologiset ratkaisut. Tässä yhteydessä kannattaahuomata, että monet kolmen tähden ratkaisut eivät tärkeydeltään kovinkaan suuresti poikkea näistä, ja yhden tähden ratkaisutkin voivat osoittautua kansallisesti tärkeiksi:

2.19	Avoin data ja Big data	445,5
2.13	Vapaasti organisoituva etätyö ja netissä muodostuvat organisaatiot	412,5
2.22	Laajennetun todellisuuden välineet	390,5
2.20	Yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen	384
2.72	Äärimmäisen tiheät, kvantti-ilmiöt huomioon ottavat prosessorit	370
2.12	Oppimisen uudelleenorganisointi	325
2.45	Robottiauto	325
2.02	Tauteja, fysiologisia tiloja ja organismien ominaisuuksia nopeasti ja halvalla tunnistavat	324,5
2.56	Tavaroiden 3D-tulostus	312
2.28	Pilvilaskenta, massiivinen keskitetty data ja prosessointiteho	308
2.43	Painettavat yms halvat sensorit	305
2.82	Nopeasti halventuva aurinkoenergia	288
2.07	Henkilökohtainen oman kehon analysaattori	275
2.01	Rutiinimainen kattava DNA-luenta	258
2.40	Materiaalitutka	256
2.09	Dementiaa ehkäisevä lääkitys	247,5
2.53	Modulaarinen robotiikka	247,5
2.89	Kevyet tehokkaat nopeasti ladattavat akut ja kondensaattorit	242
2.74	Antibakteeriset ja muut likaa hylkivät materiaalit ja pinnat	238
2.32	Ympäristön reaaliaikainen 3D-mallinnus	236
2.23	Haptiset käyttöliittymät	225
2.21	Liikkeisiin perustuvat käytönohjaimet	220
2.99	Sähköraha, aikapankit	216
2.70	Robottijalat ja liikkumista vahvistava haarniska	209
2.78	Nanosellu ja mikrokuitusellu	208

Taulukko X. Taulukossa tärkeimmiksi arvioidut radikaalit teknologiset ratkaisut. Listan kärkeen päässeet ovat jo siirtymässä markkinoille tai lähestymässä markkinakelpoisuutta ja sen lisäksi niillä on tyypillisesti merkittävä potentiaalinen vaikutus useissa arvonluontiverkostoissa.

Monet listan tärkeimmiksi arvioiduista teknologisista ratkaisuista ovat tärkeydeltään ilmeisiä. Pohdintaa tuloksissa herättää kuitenkin vaikkapa se, että eliniän radikaali pidentäminen saa vain kaksi tähteä ja esimerkiksi materiaalitutka saa täydet neljä tähteä. Tämä selittyy sillä, että materiaalitutkalla on vaikutuksensa huomattavan moneen eri arvonluontiverkkoon. Eliniän radikaali pidentyminen ei vuoteen 2030 mennessä ehdi juurikaan vaikuttaa yhteiskunnan rakenteisiin, vaikka ratkaisu olisi selvillä jo 2020. Tässä yhteydessä kannattaa huomata, että maailmaa olennaisesti muuttanut Internet ei oikeastaan ole minkään arvonluontiverkoston näkökulmasta välttämätön, mutta muuttaa maailmaa siksi, koska se vaikuttaa kaikkeen ja läpäisevyytensä vuoksi organisoi arvonluontiverkostoja radikaalisti uudelleen.

5.2 Arvioinnissa käytetyt perusteet ja laskentamenetelmä

Tämän raportin arviot ovat liitetaulukossa. 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.

5.3 Politiikkasuositukset

Suomen elitaso ja hyvinvointi perustuvat korkean teknologian soveltamiseen sekä kotimarkkinoilla että ulkomaankaupassa. Olemme 1800-luvulta alkaen olleet nopeita teknologian omaksujia ja teknologiselle kehitykselle ja sen omaksumiselle on luotu hyvät puitteet. 2000-luvulla yhteiskunnan teknologinen omaksumiskyky on kuitenkin olennaisesti hidastunut. Omaksumiskyky tulee palauttaa.

Suomen on kyettävä merkittävään tuottavuuden kehitykseen useimmissa tämän raportin esittämissä arvonluontiverkostoissa. Tämä tapahtuu ensisijaisesti omaksumalla globaalin teknologiakehityksen mahdollistamat parhaat käytännöt.

Suomen on lisättävä T&K -panostusta useimmissa arvonluontiverkostoissa, erityisesti tämän raportin tärkeiksi arvioitujen radikaalien teknologisten ratkaisujen alueilla, koska ne ovat kasvun ajureita.

Suomen on lisättävä T&K panostusta ja varsinkin teknologian nopeaa omaksumista niissä arvonluontiverkoissa, joihin sillä on vahva access

Suomen on panostettava vahvasti myös joihinkin uusiin TOP 25 teknologioihin riippumatta siitä, miten vahva osaaminen ja acccess niissä nyt on. Uusille alueille suunnattaessa teknologioiden nopea omaksuminen kotimarkkinoilla on viennin onnistumisen kannalta keskeistä.

5.3.1 Kilpailulainsäädäntö ja vaativat asiakkaat

Julkishallinto on Suomessa monella toimialalla tärkein asiakasryhmä. Radikaalit uudet teknologiat tulevat markkinoille tavallisesti pienten kasvuyritysten kautta. Vaativat uudistushakuiset edelläkävijäasiakkaat ovat näille kasvuyrityksille huomattavasti olennaisempia kuin T&K-avustukset. Kilpailulainsäädäntö ja muut hankintamenettelyt muodostavat usein esteen innovatiivisten tuotteiden ja palveluiden hankinnalle. Yritysten kannattaa nykyisin tarjota asiakkaalle tarjouspyynnön mukaisia ominaisuuksia innovatiivisten ratkaisujen sijaan. Edes tarjouskilpailun edellä ei kannata ehdottaa innovatiivisia ratkaisuja asiakkaalle, koska ideat leviäisivät tarjouspyyntöjen kautta kilpailijoille. Niissäkin tapauksissa, joissa lainsäädäntö mahdollistaisi innovatiivisen toiminnan, jättää kilpailuttaja menettelytapavirheiden pelossa mahdollisuuden yleensä käyttämättä.

- Kilpailulainsäädäntöä ja hankintamenettelyitä tulee kehittää siten, että julkishallinto muuttuu edistykselliseksi asiakkaaksi. Menettelyitä tulee kehittää myös siten, että toimittajan ansiokas suoritus tuottaa toimittajalle lisäarvoa. Tulee selvittää, mitkä tämänsuuntaiset toimet mahtuvat EU-direktiivien puitteisiin.

- Julkishallintoon tulee luoda järjestelmä, joka mahdollistaa teknologiakehityksen avaamien uusien toimintatapojen varhaiset kokeilut julkishallinnon toimesta tai tukemana niissäkin tapauksissa, joissa kokeilut edellyttävät lainsäädännön muutosta. Teknologian nopean kehityksen vuoksi tämän kokeilutoiminnan tulisi olla rohkeaa ja rutiiniluontoista.

5.3.2 Lainsäädännön esteiden purkaminen

Teknologinen kehitys on mahdollistanut ja tehnyt järkeväksi monia toimintamalleja, joita lakeja laadittaessa ei ole huomioitu. Myös monet nykyisin käytetyt organisoitumisen tavat ja vastuujaot ovat vanhentuneita uuden teknologian mahdollistamiin rakenteisiin verrattuna.

- Tämän raportin osoittamat tärkeät teknologiat tulisi tarkastella nykyistä lainsäädäntöä vasten ja poistaa esteet radikaalien teknologisten ratkaisujen avaamien parhaiden uusien käytäntöjen tieltä. Tämä lainsäädännön esteiden poistaminen tulisi tehdä muita maita nopeammin, jotta ajattelu Suomessa uudistuisi ja kokeiluihin päästäisiin asiakasmaita nopeammin.

5.3.3 Huomiotalous ja osaamisen kehittäminen

Suomi kiinnitti suuren huomion teknologian kehittämiseen 1990-luvulla. Hallinnolla ja poliitikoilla on runsaasti keinoja ohjata suomalaista keskustelua ja osaamisen kehittämistä. 2000-luvulla huomio on keskittynyt vallanjaon ja kakunjaon kysymyksiin sekä maailmanpolitiikkaan. Teknologiasta on puhuttu hyvin vähän ja suomalaisille on syntynyt kuva siitä, että teknologinen kehitys olisi hidastunut, kun globaalisti on tapahtunut päinvastoin. Virikkeiden ja teknologian tärkeyden tunnun puuttuessa teknologian kehitykseen on panostettu vain akateemisen tutkimuksen, joidenkin vientialojen ja yritysten T&K-avustusten kautta. Yhteiskunnan keskeisiin rakenteisiin teknologian avaamat mahdollisuudet ja erityisesti uudet teknologiat eivät ole vaikuttaneet ja tietoisuus tässäkin raportissa esitettyihin teknologioihin liittyen on huomattavan alhaisella tasolla verrattuna vaikkapa 90-luvulla vallinneeseen teknologiatietoisuuteen.

- Julkishallinnon tulisi valjastaa käytössään olevia huomiotalouden ja osaamisen siirron keinoja teknologiatietoisuuden lisäämiseen tämän raportin tärkeimmiksi osoittamilla alueilla. Tässä voi ottaa oppia niistä tavoista ja siitä intensiteetistä, jolla julkishallinto osallistui 1990-luvulla tietoyhteiskuntakeskustelun synnyttämiseen ja Internetin sekä mobiilin teknologian vauhdittamiseen.

- Teknologiatietämyksen ja tulevaisuuden mahdollisuuksien osuutta koulutuksessa kaikilla asteilla tulisi lisätä, ja teknologian yhteiskunnallisia vaikutuksia ja rakenteita muuttavia vaikutuksia tulisi käsitellä opetuksessa.

- Suomessa toimii monia teknologian kehityksen asiantuntijaorganisaatiota niistä tärkeimpinä Tekes, VTT ja Sitra. Näillä organisaatioilla on keskeinen rooli perustellun näkemyksen kehittämisessä erilaisten teknologisten ratkaisujen lupaavuudesta. Jotta Suomi olisi hyvin valmistautunut tarttumaan uusien radikaalien teknologioiden mahdollisuuksiin, näissä organisaatioissa on tärkeää seurata jatkuvasti ja systemaattisesti lupaavien teknologioiden kehitystä. Parhaimmillakaan asiantuntijoilla ei ole kuitenkaan edellytyksiä seurata koko laajaa teknologisen kehityksen kenttää. Niinpä on tärkeää luoda areenoita, missä asiantuntijaorganisaatioissa työskentelevät ja työnsä ja harrastustensa puolesta erilaisten teknologioiden kanssa työskentelevät voivat kohdata ja hedelmällisellä tavalla vaikuttaa toisiinsa. Uskomme, että kehittämämme työkalu tarjoaa erinomaisen välineen tällaiseen kohtaamiseen.

5.4 Tämän raportin ja esitetyn metodin jatkokehitystarpeet

Tämän raportin kirjoittamisen myötä tekijät ovat kokeneet rajallisuutensa hyvin monen asian kohdalla. Kaikkien yhteiskunnan erilaisten arvonluontimekanismien, kaikkien teknologia-alueiden ja tieteenalojen poikki konkreettisella tasolla kulkeva raportti voi parhaimmillaankin olla vain suuntaa antava. Tekijät ovat saaneet suuren avun työhön joukkoistuksen avulla. Laaja joukko eri alojen asiantuntijoita on kommentoinut ja tehnyt raporttia parantavia ehdotuksia. Joukkoistuksen kanavana on ollut https://www.facebook.com/groups/TuVRadikaalit/, jossa käyty keskustelu on nähtävillä.

Tekijät ovat verrattain tyytyväisiä työssä luodun metodin, Radikaalien teknologioiden nelitasomallin toimivuuteen. Tärkeimmät nyt tiedossa olevat kehittämiskohteet ovat:

- Osa arvonluontiverkostoista vaatii jatkokehittämistä ja syvempää näkemystä mahdolliseen dynamiikkaan ja lisäarvojen syntyyn. Tämä tarkempi mallintaminen mahdollistaisi arvonluontiverkostojen perustellusti erisuuruiset keskinäiset painotukset.

- Radikaalit teknologiset ratkaisut on nyt kuvattu tekijöiden hankkiman tietämyksen avulla. Kuvauksia voi tarkentaa ja laajentaa kunkin aihealueen omien asiantuntijoiden avustuksella. Teknologiat myös etenevät jatkuvasti ja niitä tulee uusia, joten teknologisten ratkaisujen päivittämiseen olisi järkevää kehittää jatkuva ja avoin menettely.

- Suomen omaan osaamiseen ja vientikanaviin liittyvä tieto raportissa on puutteellinen ja vaatii jatkotyötä. Viennin tilastoista ei synny selkeää kuvaa siitä, minkälaisia asiakkaita suomalaisilla vientiyrityksillä on. Tilastoja ei ole tehty asiakkaittain, ainoastaan maittain ja tuoteryhmittäin. Näistä tiedoista on mahdollista tehdä karkeita päätelmiä asiakkaista ja näin on tehty, mutta hyvätasoinen tulos edellyt-

tää näiden päätelmien tarkempaa läpikäyntiä ja jalostamista kukin vientialueen asiantuntijoiden kanssa.

- Tämän raportin sisältö linkkeineen ja laskentakaavoineen tulisi toteuttaa helposti ylläpidettävänä ja selattavana tietokantana Internetissä. Kyse on varsin pienimuotoisesta työstä, joka lisäisi tiedon ajantasaisuutta ja käyttökelpoisuutta erityisesti suomalaisten teknologiastrategian kehittäjien, teknologia-asiakkaiden, tutkijoiden, tuotekehittäjien ja median piirissä.

5.5 Kiitokset

Tekijät kiittävät Tulevaisuusvaliokuntaa mahdollisuudesta tämän työn tekemiseen. Erityisesti haluamme kiittää valiokunnan Radikaalit teknologiat -jaoksen puheenjohtajaa Ville Vähämäkeä sekä kunnianhimoisen haasteen esittämisestä että monista hyödyllisistä virikkeistä ja neuvoista menetelmää kehitettäessä. Valiokunnan pysyvä asiantuntija Olli Hietanen on myös kannustanut ja auttanut monilla rakentavasti kriittisillä kommenteillaan työn etenemistä. Ryhmän ulkopuolisista kommentaattoreista haluamme kiittää erityisesti Pekka Ylä-Anttilaa ja Ossi Kuittista sekä työn joukkoistukseen Internetin foorumeilla osallistuneita satoja ihmisiä, joiden ideoita erityisesti raportin ensimmäisen ja toisen luvun yksityiskohdat ovat täynnä. Useita raporttiin vaikuttaneita kommentteja ja ehdotuksia tekivät Arto Aalto, Aki Airomaa, Mikko Alasaarela, Tapani Alasaarela, Kate Alhola, Antti Eskola, Lauri Hirvonen, Ilkka Hannula, Mari Heimala, Jarmo Heimo, Timo Honkela, Anniina Huttunen, Marita Kaatrala, Jari Kaivo-oja, Martti Kallinen, Tero Kauppinen, Pekka Ketola, Jukka Kilpiö, Hannu Kokko, Petri Kola, Pentti Korhonen, Jari Koskinen, Arvo Kukko, Jarmo Lahti, Pasi Laine, Tatu Lund, Jyrki Luttinen, Aimo Maanavilja, Jukka Male, Ko Makela, Ilmari Määttänen, Oskari Nokso-Koivisto, Tarja Ollas, Ville Peltola, Teemu Peltonen, Matti Pyykkönen, Antti Rasila, Pekka Roine, Aleksi Rossi, Jaakko Särelä, Mikko Särelä, Jouni J. Särkijärvi, Marko Tenkanen, Vesa Tiainen, Laura Tiilikainen, Esa Turtiainen, Pasi Vahimaa ja Harri Vartiainen.

Liitteet:

Nelitasomallin Top 100 kokonaispisteineen

****	2.19	Avoin data ja Big data	446
****	2.13	Vapaasti organisoituva etätyö ja netissä muodostuvat organisaatiot	413
****	2.22	Laajennetun todellisuuden välineet	391
****	2.20	Yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen	384
****	2.72	Äärimmäisen tiheät, kvantti-ilmiöt huomioon ottavat prosessorit	370
****	2.12	Oppimisen uudelleenorganisointi	325
****	2.45	Robottiauto	325
****	2.02	Tauteja, fysiologisia tiloja ja organismien ominaisuuksia nopeasti ja halvalla tunnistavat biosirut tai biosensorit	325
****	2.56	Tavaroiden 3D-tulostus	312
****	2.28	Pilvilaskenta, massiivinen keskitetty data ja prosessointiteho	308

****	2.43	Painettavat yms halvat sensorit	305
****	2.82	Nopeasti halventuva aurinkoenergia	288
****	2.07	Henkilökohtainen oman kehon analysaattori	275
****	2.01	Rutiinimainen kattava DNA-luenta	258
****	2.40	Materiaalitutka	256
****	2.09	Dementiaa ehkäisevä lääkitys	248
****	2.53	Modulaarinen robotiikka	248
****	2.89	Kevyet tehokkaat nopeasti ladattavat akut ja kondensaattorit	242
****	2.74	Antibakteeriset ja muut likaa hylkivät materiaalit ja pinnat	238
****	2.32	Ympäristön reaaliaikainen 3D-mallinnus	236
****	2.23	Haptiset käyttöliittymät	225
****	2.21	Liikkeisiin perustuvat käytönohjaimet	220
****	2.99	Sähköraha, aikapankit	216
****	2.70	Robottijalat ja liikkumista vahvistava haarniska	209
****	2.78	Nanosellu ja mikrokuitusellu	208
***	2.54	Kävelevä, kädellinen robotti	204
***	2.30	Hahmontunnistus ja hahmojen hakupalvelut	200
***	2.39	Linssitön kuvantaminen ja laskennallisesti muodostetut kuvat	200
***	2.97	Langaton siirto 2.5 terabittiä sekunnissa (vortex beam)	200
***	2.04	Geenitietoon perustuvat lääkkeet	193
***	2.14	Ihmisten tunnistus (dna, kamera)	188
***	2.31	Kappaleiden helppo 3D-kuvantaminen	185
***	2.52	Kevyet jatkuvasti lentävät laitteet	180
***	2.17	Puheentunnistus ja simultaanitulkkaus	172
***	2.38	Halpa LIDAR (Laser Radar)	171
***	2.91	Aurinkolämpö ja lämmön pitkäaikainen varastointi	171
***	2.68	Elämän simulointi solutasolla ja keinosolu	168
***	2.71	Geenimuunnellut organismit monikäyttöisten materiaalien tuottajina	160
***	2.47	Nelikopterit	155
***	2.16	Henkilökohtaisen elämän tallennus ja sisältöhaku	153
***	2.80	Kevyet ja lujat materiaalit	149
***	2.15	Emootioiden projisointi ja automaattinen tunnistaminen	148
***	2.61	Herkät etätyöhön kykenevät robottisormet ja kädet	148
***	2.24	Suuret kosketusnäytöt	144
***	2.46	1- ja 2-pyöräiset henkilö- & tavarakuljettinet	140
***	2.41	Halvat kaasujen tunnistimet	136
***	2.90	Energian massiivinen varastointi suurtehoakkuihin	135
***	2.36	Aivojen simulointi, kartoitus	132
***	2.29	Grid computing, käsittelykapasiteetin hajautus	130
***	2.44	Terahertsiaaltojen manipulointi grafeenilla	128
**	2.87	Piezosähköiset energialähteet, kineettisen energian talteenotto	120
**	2.26	Suora ohjaus ajatuksilla	117
**	2.60	Robottikirurgia ja muu biologisten objektien leikkaaminen	115
**	2.98	Monikanavainen kommunikointi, ohjelmistopohjainen tietoverkkojen hallinta	113
**	2.51	Cubesat-nanosatelliitit ja avaruuden helpompi saavuttaminen	110
**	2.06	Eliniän pidentäminen ja ikääntymisen hidastaminen	105
**	2.57	Rakennusten 3D-tulostus	105

**	2.93	Johdoton voimansiirto (magnetismi), mm. sähköautoihin, sähkölaitteisiin	104
**	2.08	Aivojen korjaaminen ja kykyjen kasvattaminen	102
**	2.77	Nanohiili lujitteena tai toiminnallisena pintana	100
**	2.27	Nanohiilet joustavan näyttölaitteen pintana, valaisimena	99
**	2.83	Tehokkaat kevyet aurinkopaneelit	99
**	2.85	Nestemäisten polttoaineiden tuotanto entsyymien, bakteerien ja levien avulla	95
**	2.25	Digitaalipeili	93
**	2.35	Uudet nopeat ja tiheät muistimateriaalit	92
**	2.65	Keinotekoiset lihakset	90
**	2.34	Itseorganisoituva data	81
**	2:100	Robottiverkko	81
**	2.42	Erittäin herkkä kamerakenno perustuen nanohiiliin	80
**	2.75	Nanohiililanka	80
**	2.86	Lentävät tuulivoimalat ja muu uudentyyppinen tuulivoima	80
**	2.58	Materiaalin 3D-tulostus ja 4D-tulostus	75
**	2.81	Ruiskutettavat tekstiilit	74
**	2.18	Joukkorahoitus ja muu mikrorahoitus	72
**	2.10	Elinten korjaaminen ja takaisinkasvatus, soluviljely	70
*	2.33	Itseorganisoituva virtuaalimaailma verkon 3D-datasta	68
*	2.73	Uudet teräsbetonin korvaavat rakennusmateriaalit	68
*	2.03	Pieni ja halpa magneettikuvain	63
*	2.05	Nanohiukkasten ja mikrobottien käyttö tautien hoidossa	63
*	2.84	Keinotekoinen lehti, polttoaine auringonvalosta ja hiilidioksidista	60
*	2.96	LED-"radio"	60
*	2.88	Sarjavalmistetut pienydinvoimalat, fissio ja fuusio	56
*	2.50	Suprajohteen magneettinen lukinta ja muu levitaatio	55
*	2.48	FlyNano ja muut kevytlentokoneet	44
*	2.76	Nanohiilet suolan tai bakteerien poistossa ja muusssa erotustekniikassa	44
*	2.64	Biorobotit	40
*	2.63	Vettä ilmasta nanopinnoilla	39
*	2.37	Kvanttitietokoneet	39
*	2.59	Elinten 3D-tulostus	39
*	2.62	Robottiräätäli	34
*	2.55	Kyberhyönteinen	33
*	2.11	Synteettinen ruston korvaaja	32
*	2.94	Suurteholaserit, langaton tehonsiirto, laseraseet	32
*	2.66	Keinotekoinen itseään korjaava iho	30
*	2.67	DNA-muistit	30
*	2.69	Soluviljelty liha ja lihan kaltainen kasviproteiini	27
*	2.92	Vedyn edullinen säilytys nanorakenteiden avulla	26
*	2.95	Nanoradio	24
*	2.49	Tyhjiösukkula	20
*	2.79	Nanotasolla levitoivat materiaalit	3

Radikaalit teknologiset ratkaisut vahvimpien vientivalmiuksien alueella

****	2.74	Antibakteeriset ja muut likaa hylkivät materiaalit ja pinnat	238
****	2.78	Nanosellu ja mikrokuitusellu	208
***	2.97	Langaton siirto 2.5 terabittiä sekunnissa (vortex beam)	200
**	2.85	Nestemäisten polttoaineiden tuotanto entsyymien, bakteerien ja levien avulla	95

Radikaalit teknologiset ratkaisut olennaisten vientivalmiuksien alueella Top Ten

****	2.20	Yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen	384
****	2.45	Robottiauto	325
****	2.56	Tavaroiden 3D-tulostus	312
****	2.43	Painettavat yms halvat sensorit	305
****	2.82	Nopeasti halventuva aurinkoenergia	288
****	2.07	Henkilökohtainen oman kehon analysaattori	275
****	2.09	Dementiaa ehkäisevä lääkitys	248
****	2.89	Kevyet tehokkaat nopeasti ladattavat akut ja kondensaattorit	242
****	2.23	Haptiset käyttöliittymät	225
****	2.21	Liikkeisiin perustuvat käytönohjaimet	220

Radikaalit teknologiset ratkaisut kapeiden vientivalmiuksien alueella Top Ten

****	2.19	Avoin data ja Big data	446
****	2.13	Vapaasti organisoituva etätyö ja netissä muodostuvat organisaatiot	413
****	2.22	Laajennetun todellisuuden välineet	391
****	2.12	Oppimisen uudelleenorganisointi	325
****	2.02	Tauteja, fysiologisia tiloja ja organismien ominaisuuksia nopeasti ja halvalla tunnistavat biosirut tai biosensorit	325
****	2.28	Pilvilaskenta, massiivinen keskitetty data ja prosessointiteho	308
****	2.01	Rutiinimainen kattava DNA-luenta	258
****	2.40	Materiaalitutka	256
****	2.53	Modulaarinen robotiikka	248
****	2.32	Ympäristön reaaliaikainen 3D-mallinnus	236

Tieteellisesti kiinnostavimpien alueiden radikaalit teknologiset ratkaisut Top Ten

****	2.72	Äärimmäisen tiheät, kvantti-ilmiöt huomioon ottavat prosessorit	370
****	2.02	Tauteja, fysiologisia tiloja ja organismien ominaisuuksia nopeasti ja halvalla tunnistavat biosirut tai biosensorit	325
****	2.01	Rutiinimainen kattava DNA-luenta	258
****	2.09	Dementiaa ehkäisevä lääkitys	248
***	2.04	Geenitietoon perustuvat lääkkeet	193
***	2.68	Elämän simulointi solutasolla ja keinosolu	168
***	2.71	Geenimuunnellut organismit monikäyttöisten materiaalien tuottajina	160
**	2.06	Eliniän pidentäminen ja ikääntymisen hidastaminen	105
**	2.10	Elinten korjaaminen ja takaisinkasvatus, soluviljely	70
*	2.76	Nanohiilet suolan tai bakteerien poistossa ja muusssa erotustekniikassa	44

Laboratorioprototyyppitason radikaalien lupausten Top Ten

***	2.97	Langaton siirto 2.5 terabittiä sekunnissa (vortex beam)	200

***	2.68	Elämän simulointi solutasolla ja keinosolu	168
**	2.87	Piezosähköiset energialähteet, kineettisen energian talteenotto	120
**	2.06	Eliniän pidentäminen ja ikääntymisen hidastaminen	105
**	2.57	Rakennusten 3D-tulostus	105
**	2.08	Aivojen korjaaminen ja kykyjen kasvattaminen	102
**	2.83	Tehokkaat kevyet aurinkopaneelit	99
**	2.58	Materiaalin 3D-tulostus ja 4D-tulostus	75
**	2.10	Elinten korjaaminen ja takaisinkasvatus, soluviljely	70
*	2.33	Itseorganisoituva virtuaalimaailma verkon 3D-datasta	68

EDUSKUNTA
RIKSDAGEN

ISBN 978-951-53-3514-2 (NID.) •ISBN 978-951-53-3515-9 (PDF)