

FINNSIGHT 2015

PANEELIEN RAPORTIT



Tieteen



teknologian ja



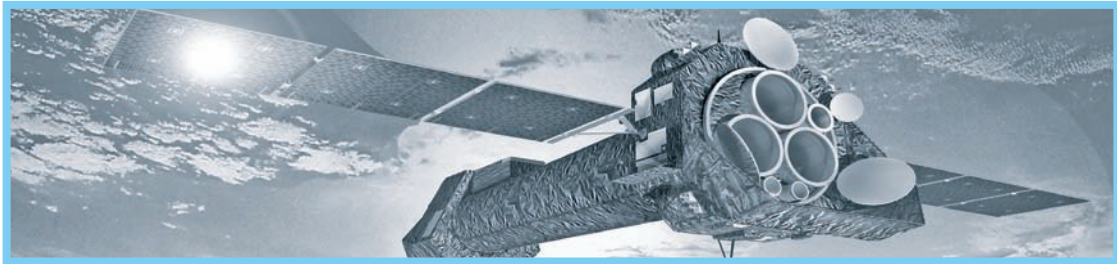
yhteiskunnan näkymät

FINNSIGHT 2015

PANEELIEN RAPORTIT



Tieteen



teknologian ja



yhteiskunnan näkymät

www.finnsight2015.fi

ISBN 951-715-610-3

Tekes
PL 69 (Kyllikinportti 2)
00101 Helsinki
Puh. 010 60 55000

Suomen Akatemia
PL 99 (Vilhonvuorenkatu 6)
00501 Helsinki
Puh. 09 774 881

Julkaisun toimitus: Suomen Akatemia, Tekes ja Verkkotie Oy
Graafinen suunnittelu: GREY PRO Oy
Taitto: DTPage Oy
Paino: Libris Oy, 2006

Esipuhe

Huipulle päästään vain yhdessä

Suomen menestys pohjautuu vahvaan osaamiseen ja määrätietoiseen kansalliseen kehittämistyöhön. Osaaminen ja innovaatiot ovat kansallisen strategian keskiössä myös tulevaisuudessa. Suomen tulevaisuutta rakennetaan erilaisten osaamisten avulla ja niitä asiantuntevasti ja innovatiivisesti yhdistellen.

Tulevaisuuden rakentamiseen tarvitaan näkemyksellinen visio, tahtoa sen toteuttamiseksi, yhteistyötä ja huippuosaamisia. Tarvitaan ymmärrystä elinkeinoelämän ja yhteiskunnan haasteista, kuluttajien tarpeista, keinoista ja mahdollisuuksista hyvinvointimme ylläpitämiseksi.

Tulevaisuuden rakentamiseksi tarvitaan huipputason perustutkimusta ja soveltavaa tutkimusta, tulosten käytäntöön soveltamista uusina innovaatioina, monialaisuutta ja erikoistumista. Yhteistyötä on tehtävä kansainvälisesti ja kansallisesti. Sitä on tehtävä eri korkeakoulujen ja yliopistojen välillä, tutkimuksen ja elinkeinoelämän välillä sekä yritysten kesken. Ennen kaikkea osaamisen kansainvälisen huipun saavuttaminen edellyttää hyvää yhteistyötä yksilöiden välillä.

Suomen Akatemia ja Tekes käynnistivät vuoden 2005 alussa FinnSight 2015 -ennakointihankkeen. Hankkeen tavoitteena on ollut luodata tieteen, teknologian, yhteiskunnan ja elinkeinoelämän tulevaisuuden osaamistarpeita. Tulevaisuuden menestykseen vaaditaan osaamisen priorisointeja ja organisaatioiden profiloitumista. Tämän vaativan kehittämistyön suunta- viivoja on hahmoteltu valtioneuvoston periaatepäätöksessä julkisen tutkimusjärjestelmän kehittämisestä 7. huhtikuuta 2005. Ennakointi on tietoperustana sille työlle, jossa määritellään Suomelle strategisen huippuosaamisen keskittymiä. Suomen Akatemia ja Tekes pyrkivät edistämään ja rakentamaan huippuosaamisia omassa strategisessa työssään, ja FinnSight 2015 -ennakoinnin tulokset tukevat Akatemian ja Tekesin strategiatyötä.

Ennakointi tehtiin kymmenessä paneelissa, joissa kussakin tutkimuksen ja teollisuuden huippuasiantuntijat toivat monialaista ja laajaa näkemystä teeman pohdintaan. Yhteensä paneelien työskentelyyn osallistui 120 huippuasiantuntijaa, ja heidän verkostonsa mukaan lukien ennakoinnin käyttöön on saatu satojen asiantuntijoiden näkemyksiä. Ennakointikeskustelut olivat rakentavia ja innostavia. Panelistit ja puheenjohtajat sitoutuivat työhön kunnioitettavalla tavalla omaa aikaansa ja asiantuntemustaan säästelemättä. He toivat työhön myös näkemyksiä omista toiminta- ja asiantuntijaympäristöistään. Heille kuuluu suurin kiitos siitä, että saatiin

aikaan laaja ja yhteisesti pohdittu näkemys tulevaisuuden osaamistarpeista. Itse projekti on tuonut vahvan sitoutumisen asioiden eteenpäin viemiseen ja toteuttamiseen.

Ennakointityön suunnittelusta ja toteutuksesta vastasi ydinryhmä, johon kuului projektipäällikkönä professori Ahti Salo Teknillisen korkeakoulun Systeemianalyysin laboratoriosta, johtaja Paavo Löppönen, johtava tiedeasiantuntija Annamajja Lehvo ja tiedeasiantuntija Anu Nuutinen Suomen Akatemiasta sekä ennakointipäällikkö Pirjo Kyläkoski ja tutkimuspäällikkö Eija Ahola Tekesistä. Sihteereinä toimivat Hanna Räisänen Akatemiasta ja Sanna Ojanen Tekesistä. Paneelityöskentelyn tuesta vastasivat Teknillisen korkeakoulun Systeemianalyysin laboratorion tutkijat Tommi Gustafsson, Totti Könnölä ja Ville Brummer sekä toimittaja Johanna Korhonen Verkkotie Oy:stä. Kiitokset koko ydinryhmälle ja erityiskiitos professori Salolle asiantuntevasta ja rakentavasta projektin johtamisesta sekä hänen laboratorionsa henkilöille sitoutuneesta ja ammattitaitoisesta työskentelystä.

FinnSight 2015 -ennakointiprojektin suunnittelun kuluessa kuulumme professori Aatto Prihtiä. Taustatietojen toimitustyöstä kiitämme ETLA:n tutkimusjohtaja Pekka Ylä-Anttilaa.

Paneeliraporttien kirjoitustyön vastuu oli puheenjohtajilla. Heitä avusti toimittaja Johanna Korhonen ammattitaitoisesti. Heille kaikille lämmin kiitos erinomaisesta paneelien ajatusten ja näkemysten raportoinnista.

Kiitokset projektin johtoryhmälle, johon kuuluivat Suomen Akatemian ja Tekesin pääjohtajat Raimo Väyrynen ja Veli-Pekka Saarnivaara, ylijohdat Anneli Pauli (Suomen Akatemia) ja Martti af Heurlin (Tekes), professori Arto Mustajoki (Helsingin yliopisto) sekä ennakointipäällikkö Pirjo Kyläkoski (Tekes). Projekti on omalta osaltaan syventänyt Suomen Akatemian ja Tekesin yhteistyötä. Se on avannut tietä perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen sekä yliopistojen, korkeakoulujen ja yritysten entistäkin paremmalle yhteistyölle.

Helsinki 9. toukokuuta 2006

Raimo Väyrynen
Suomen Akatemia

Veli-Pekka Saarnivaara
Tekes

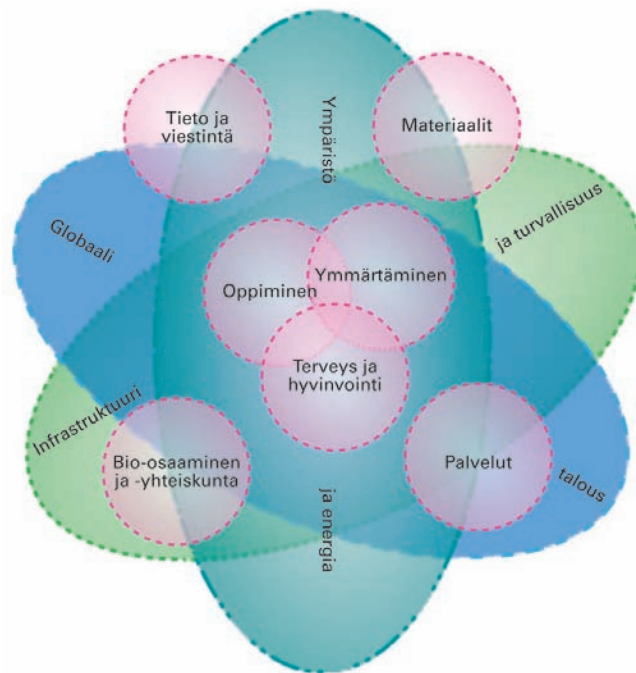
Sisältö

Esipuhe.	3
Johdanto.	7
Muutostekijät.	13
1. Oppiminen ja oppimalla uusiutuva yhteiskunta . . .	27
2. Palvelut ja palveluinnovaatiot	65
3. Hyvinvointi ja terveys	81
4. Ympäristö ja energia	111
5. Infrastruktuurit ja turvallisuus	135
6. Bio-osaaminen ja -yhteiskunta	149
7. Tieto ja viestintä.	173
8. Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus . . .	209
9. Materiaalit	235
10. Globaali talous	265
Liite 1 Ennakointi prosessina	283
Liite 2 Paneelien osallistajat.	287

Johdanto

Suomen voidaan katsoa siirtyneen innovaatiovetoisen kehityksen vaiheeseen 1990-luvulla. Vuosikymmenen laman seurauksena kiinteiden investointien investointiaste laski rajusti eikä ole enää noussut aiemmalle tasolle. Sen sijaan sekä yksityiset että julkiset investoinnit tutkimukseen, teknologiaan ja innovaatio toimintaan ovat etenkin vuosikymmenen puolivälistä lähtien kasvaneet voimakkaasti, ja niiden merkitys talouden kehitykselle on keskeinen.

Innovaatiovetoisessa kehitysvaiheessa muiden maiden ratkaisujen jäljittely johtaa toivottuihin tuloksiin yhä harvemmin. Haasteena on luoda omia ratkaisuja tiede-, teknologia- ja innovaatiopolitiikassa. Toinen keskeinen haaste on välttää tyytymistä omiin aiempiin saavutuksiin, koska muuttuvassa toimintaympäristössä on jatkuvasti haettava uusia aineksia tulevaisuuden ratkaisujen ohjenuoraksi.



Osaamisen yhtymäkohtia

Muutokset ja innovaatioympäristön muutosnopeus pakottavat tutkimus- ja innovaatiojärjestelmien rakenteelliseen arviointiin. Niiden uudistaminen edellyttää usein hyvinkin vakiintuneiden toimintatapojen muuttamista. Verkottuminen, uudet yhteistyösuhteet ja monialaisuus – niin tieteellisesti, teknologisesti kuin organisatorisestikin – muodostuvat entistä tärkeämmiksi. Tutkimus- ja innovaatiojärjestelmien vaikuttavuus nousee entistä keskeisempään asemaan. Sen myötä toimijoiden piiri laajenee. Yhteiskunnalliset intressit ja rakenteet ovat usein vaikuttavuuden keskeinen tekijä.

Näihin haasteisiin pyritään vastaamaan kehittyneiden maiden tiede- ja teknologiapolitiikassa vahvistamalla ennakointia, menneen kehityksen arvioinnin rinnalla. Ennakointi on kehittynyt tulevaisuuden – erityisesti muutostekijöiden – luotaamisen, strategisen suunnittelun ja politiikkatutkimuksen (policy analysis) yhteistyönä. Siinä pyritään selvittämään toimintaympäristön muutoksia sekä nostamaan tämän pohjalta esiin tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän tulevaisuuden haasteita. Samalla arvioidaan vaihtoehtoisia toimintalinjoja ja niiden mahdollisia vaikutuksia.

Ennakoinnin tärkeänä elementtinä pidetään sitä, että se mahdollistaa mahdollisimman monen toimijan avoimen, tasavertaisen ja näkemyksellisen tulevaisuuskeskustelun. Yhteisellä keskustelulla valotetaan heikkojen signaalien, mahdollisuuksien ja uhkien merkitystä. Vuorovaikutus luo yhteistä näkemystä siitä, mikä on todella tärkeää sekä mihin teemoihin ja toimenpiteisiin päättäjien tulisi keskittyä.

Intensiivistä ennakointiprosessia voidaan pitää siinänsä esimerkkinä uusista toimintamuodoista, joita myös järjestelmien kehittämisessä tarvitaan.

FinnSight 2015 – lähtökohtia ja tavoitteita

Kansainvälisten ennakoitien (ks. s. 11) tulokset ovat vain hyvin rajallisesti, jos lainkaan, siirrettävissä Suomen kansallisiksi ratkaisuksi. Käytetyistä menetelmistä ja prosesseista voidaan oppia, mutta sisällölliset valinnat ovat aina kontekstisidonnaisia.

Kun FinnSight 2015 -ennakoinnin ideointi alkoi vuonna 2004, oli nähtävissä, että Suomen julkinen tutkimusjärjestelmä on rakenteellisten muutosten edessä. Samalla voitiin todeta, että yrityksissä tarkasteltiin myös tutkimus- ja kehitystyön sijaintikysymyksiä aiempaa herkemmin globaalissa mittakaavassa.

Suomi oli pitkäjänteisten ponnistelujen tuloksena saanut aikaan kehittyneen tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän, jonka kokemuksista monet maat halusivat ottaa oppia. Kansainvälisissä kilpailukykymittauksissa erityisesti osaamiseen liittyvät toiminnot ovat aina olleet Suomen vahvuus.

Yhä useammin varsinkin poliittisessa prosessissa pohditaan, tuottavatko mittavat osaamisinvestoinnit riittävästi taloudellista kasvua, työllisyyttä ja hyvinvointia Suomessa. Tällöin joudutaan tarkastelemaan uudelta pohjalta tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän eri osien suhdetta ja yhteistyötä. Samalla nousee esiin kysymys tulevien kehitystoimien ja rahoitusratkaisujen priorisoinnista.

Valtioneuvosto hahmotti omat linjauksensa moniin näihin kysymyksiin periaatepäätöksessään julkisen tutkimusjärjestelmän rakenteellisesta kehittämisestä 7. huhtikuuta 2005. Tässä päätöksessä on annettu Suomen Akatemialle ja Tekesille keskeisinä rahoittajina merkittävästi vastuuta rakenteellisten uudistusten toteuttajina. Valtioneuvoston periaatepäätös otti huo-

mioon myös ennakkoinnin roolin muutosten valmistelussa, priorisoinneissa ja profiloitumisessa.

Tätä taustaa vasten Akatemia ja Tekes päättivät toteuttaa kattavan suomalaisen tieteen ja teknologian ennakkoinnin. Ennakkoinnin keskeisiksi tavoitteiksi asetettiin

- tarkastella suomalaiseen elinkeinoelämään ja yhteiskuntaan vaikuttavia muutostekijöitä,
- tunnistaa tutkimus- ja innovaatiotoimintaan kohdistuvia tulevaisuuden haasteita sekä
- tunnistaa ja analysoida sellaisia tieteeseen, teknologiaan, yhteiskuntaan ja elinkeinoelämään kytkeytyviä osaamisalueita, joiden vahvistaminen edistää yhteiskunnan hyvinvointia ja elinkeinoelämän kilpailukykyä tieteellisen tutkimuksen ja innovaatiotoiminnan keinoin.

Ennakkoinnin tavoitteena on myös Akatemian ja Tekesin yhteistyön syventäminen. Lisäksi ennakkoinnin tulokset tukevat Akatemian strategiatyötä ja perustutkimuksen vahvistamistarpeita sekä Tekesin strategia- ja sisältölinjaustyötä. Tavoitteeksi on asetettu myös suomalaisen ennakoitityön kehittäminen.

Teemavalinnat ja prosessit

Minkä tahansa ennakkoinnin teema- ja prosessivalinnat ovat monin tavoin ratkaisevia koko hankkeen luovuden ja tuloksellisuuden näkökulmasta.

Teemavalinnoilla ratkaistaan, mitkä alat voivat potentiaalisesti tarjota uusia mahdollisuuksia, joilla tulevaisuuden haasteisiin vastataan. Teemat sekä paneelien jäsenten valinta ratkaisevat, millaisten alojen asiantuntemus voi uudessa vuorovaikutustilanteessa tuottaa uusia ja usein myös yllättäviä ratkaisuja. Hyvällä

prosessilla voidaan olennaisesti edistää vuorovaikutuksen toimivuutta, panelistien asiantuntemuksen "virtaamista" koko prosessiin sekä tulosten merkittävyyden ja uutuuden arviointia.

FinnSight 2015:n teemavalinnoissa käytettiin Akatemian ja Tekesin toiminnan näkökulmasta keskeisiä asiantuntijayhteisöjä. Akatemian tieteellisiä toimikuntia (kulttuuri ja yhteiskunta, biotieteet ja ympäristö, luonnontieteet ja tekniikka sekä terveys) pyydettiin ehdottamaan ennakoititeemoja.

Tekes teki vastaavan luotauksen omien teknologia-asiantuntijoidensa sekä elinkeinoelämän tutkimus- ja kehitystyön piirissä. Nämä luotaukset tuottivat useita kymmeniä teemaehdotuksia. Johtoryhmän tekemässä lopullisessa valinnassa korostuivat kriteereinä teeman kansallinen merkittävyys sekä osaamisperustan taso ja laajuus. Huomioon otettiin myös teeman potentiaaliset sosioekonomiset vaikutukset.

FinnSight 2015 -ennakkoinnin paneelien teemat

- Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
- Palvelut ja palveluinnovaatiot
- Hyvinvointi ja terveys
- Ympäristö ja energia
- Infrastruktuurit ja turvallisuus
- Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
- Tieto ja viestintä
- Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
- Materiaalit
- Globaali talous

Paneelien kokoonpanossa (ks. liite 2) on pidetty tärkeänä, että kussakin paneelissa on teeman kannalta keskeistä osaamista sekä tieteellisestä tutkimuksesta että soveltavasta tutkimuksesta ja teknologisesta kehitystyöstä. Samalla on otettu huomioon jäsenehdokaiden elinkeinoelämästä ja yhteiskunnallisista palvelutehtävistä saama kokemus. Ehdokkaiden nimeämisessä käytettiin samoja ehdottajia kuin paneelien teemojen kokoamisessa. Myös johtoryhmän valitsemien puheenjohtajien näkemystä kuultiin jäseniä valittaessa. Yleisperiaatteena on ollut, että puolet panelisteista on valittu Akatemian ja puolet Tekesin nimeämistä ehdokkaista.

Ennakointiprosessin suunnittelun tehtävänä on ollut tukea intensiivistä vuorovaikutusta sekä kunkin paneelin sisällä että paneelien välillä. Samoin on ollut tärkeää, että tämän menetelmän avulla kukin paneeli on pystynyt suoriutumaan vaativasta tehtävästä hyvin lyhyessä ajassa eli puolessa vuodessa. FinnSight 2015 -ennakoinnin voidaan arvioida onnistuneen menetelmällisesti hyvin, koska sille asetetut vaatimukset täyttyivät kaikilta osin (ks. prosessin ja metodologian kuvaus, liite 1).

Vuorovaikutus – oppiminen – ymmärrys

Inhimillisessä vuorovaikutuksessa syntyy sekä yhteisiä että osapuolten omia, erillisiä kokemuksia. Jaetuista kokemuksista syntyy yhteisiä merkityksiä.

Oppiminen – laajasti ymmärrettynä – tapahtuu parhaiten inhimillisessä vuorovaikutuksessa. Suomen tuleva menestys pohjautuu yhä enemmän sekä erityisosaajien että muiden kansalaisten kykyyn ja haluun oppia jatkuvasti sekä omaksua oleellisia tietoja ja taitoja.

Vuorovaikutuksen kautta tapahtuva oppiminen voi johtaa parhaimmillaan ymmärrykseen siitä, mikä on todella merkityksellistä ja miten sitä yhteisin ponnituksin edistetään.

Nämä prosessit ovat tärkeitä Suomelle myös globaalissa vuorovaikutuksessa. Siinä korostuvat entistä enemmän kulttuurinen osaaminen ja vuorovaikutustaidot.

FinnSight 2015 -ennakointi on ollut tärkeä vuorovaikutus- ja oppimisprosessi, joka on tuonut runsaasti uutta ymmärrystä Suomen tulevaisuuden haasteista.

Samalla kun haluamme jakaa tämän prosessin tulokset lukijan kanssa toivomme, että laaja vuorovaikutus uudistaa myös suomalaisen osaamisen rakenteita ja sisältöjä.

Muiden maiden ennakoitihankkeita

Merkittäviä ennakoitihankkeita on toteutettu tällä vuosikymmenellä ennen FinnSight 2015 -hanketta muun muassa Japanissa, Britanniassa, Saksassa, Ranskassa ja Ruotsissa.

Japanilla on vahvat perinteet ennakoinnissa aina 1970-luvulta lähtien. Vuonna 2005 valmistuneesta kahdeksannesta ennakoinnista on tietoa osoitteessa www.nistep.go.jp

Britanniassa on 1994 lähtien käytetty ennakoitinta kansallisen tiede- ja teknologiapolitiikan välineenä. Ennakoinnin yleisenä tavoitteena on nostaa maan asemaa globaalissa tieteessä ja teknologiassa sekä lisätä tutkimuksen vaikuttavuutta Britannian yhteiskunnassa ja taloudessa.

Lisätietoja: www.foresight.gov.uk

Saksan opetus- ja tutkimusministeriö (Bundesministerium für Bildung und Forschung) käynnisti vuonna 2001 Futur-ennakoitiprosessin. Sen yleisenä tavoitteena oli linjata painopisteitä ministeriön tutkimustoiminnalle sekä nostaa kansalaisten valmiutta keskustella yhteiskunnan ja talouden uudistumiskyvystä. Lisätietoja: www.futur.de

Ranskan vuonna 2005 päättyneessä FutuRIS-ennakoinnissa tarkasteltiin Ranskan koko tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän tulevaisuuden haasteita ja etsittiin ratkaisuja järjestelmän uudistamiseksi. Lisätietoja: www.anrt.asso.fr

Ruotsin Teknisk Framsyn -ennakoinnissa vuosina 2003–2005 keskeisenä kysymyksenä on ollut Ruotsin kyky priorisoida osaamistaan. Lisätietoja: www.tekniskframsyn.nu

USA:ssa tehtiin 1990-luvulla useita kriittisten teknologioiden tunnistamiseen tähtääviä ennakoiteja. Tällä vuosikymmenellä USA:ssa ei ole tehty laajamittaisia, kaikki tieteenalat ja teknologia-alueet kattavia ennakoiteja, mutta toisaalta eri tutkimuslaitokset – kuten esimerkiksi RAND – tuottavat runsaasti tulevaisuusorientoituneita analyysyjä eri tieteenaloista ja teknologioista.

Muutostekijät



Kuva 1. Muutostekijät

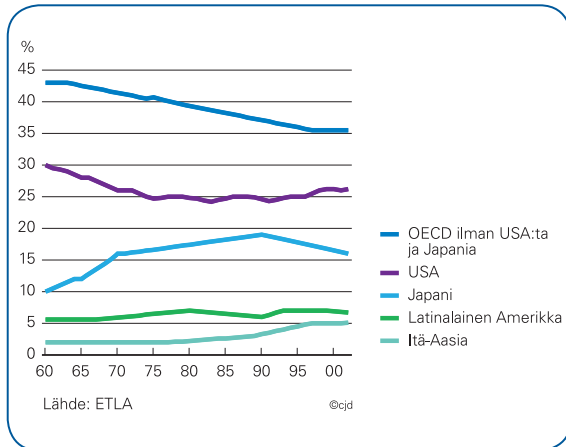
Globalisaatio

Globalisaatio jakaa roolit uudelleen

Maailmanlaajuisesti on tunnistettavissa kaksi toimintaympäristön keskeistä muutostrendiä. Ensinnäkin lisääntyvä liikkuvuus; tavaroiden, rahan, pääomien, ihmisten, ideoiden, kulttuurien ja arvojen virta yli rajojen lisääntyy. Toiseksi maapallon eri osien keskinäinen riippuvuus, vuorovaikutus ja yhteistyö lisääntyvät taloudessa, tuotannossa, yhteiskuntakehityksessä, viestinnässä ja ihmisten välisessä toiminnassa.

Talouden näkökulmasta maailmantalouden integraatio edistää kokonaistalouden kasvua, mutta se saa myös aikaan kiristyvää kilpailua maiden välillä. Globalisaatiokehitys nykyisellään on pääomavetoista. On jopa sanottu, että kansalliset teolliset taloudet ovat murtumassa, ja uusi kansainvälinen sijoittajavetoinen rahatalous on nousemassa esiin.

Globaalin työnjaon muutos koskettaa kaikkia kansainväliselle taloudelle avautuneita maita. Vanhoissa teollisuusmaissa perinteisen teollisuuden osuus taloudellisesta tuotannosta ja työllisyydestä vähenee, ja palvelutoimialojen merkitys vastaavasti kasvaa. Globalisaation myötä arvioidaan kansallisvaltioiden ja myös EU:n suhteellisen merkityksen vähenevän ja vastaavasti monikansallisten yritysten roolin kasvavan.



Kuva 2. Alueiden osuus bruttokansantuotteesta

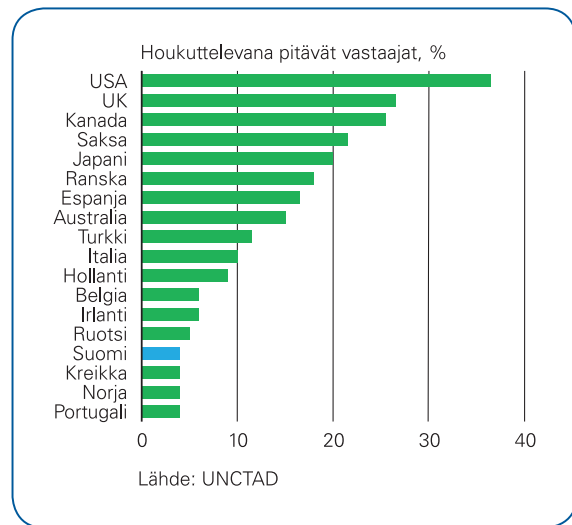
Suomi on ollut globalistumisen nettohyötyjä: menestyksemme perustuu kansainväliseen kauppaan sekä tiede- ja kulttuuriyhteistyöhön. Ilman vientiteollisuutta emme olisi pystyneet ylläpitämään hyvinvointiyhteiskuntaa ja sen rakenteita. Hyvinvointiyhteiskunnan sosiaalinen, henkinen ja fyysinen pääoma yhdistettynä järjestelmän muutoskykyyn ovat tärkeitä kilpailutekijöitä integroituvassa maailmassa. Suomenkin talous on entistä riippuvaisempi muusta maailmasta, eritoten Yhdysvalloista. Venäjän nousu on Suomelle suuri mahdollisuus.

Taloudellisten ja viestinnällisten raja-aitojen kaatuminen maailmassa ajaa maat ja alueet pohtimaan roolinsa uudelleen. Aasian maiden voimakas talouskasvu pakottaa vanhat teollisuusmaat kilpajuoksuun, jossa keskeisiä menestyksen edellytyksiä ovat innovatiivisuus ja kustannustehokkuus. Talouden, tieteen ja teknologian nousevia alueita ovat Kaukoit, Kiina ja Intia. Lähialueillemme on odotettavissa uusien EU-maiden ja Venäjän vahva talouskasvu. Etenkin Intia erikoistuu nopeasti juuri niille aloille, joilla kehittyneillä mailla on

tähän saakka ollut kilpailuetu – kuten huipputekniikkaan.

Yhä useammilla aloilla yritykset eivät kilpaile enää pelkästään paikallisesti, vaan kilpakkenttänä toimii koko maailma. Kilpailun synnyttämistä tehokkuusvaatimuksista seuraa työn globalisoitumista ja jatkuvaa kustannusten alentamispakkoa. Tuotanto ja työ, kuten myös tutkimus- ja kehitystoiminta, siirtyvät globaalitaloudessa alueille, joilla tekeminen on kannattavinta. Erityisesti suurissa kehittyvissä maissa talouskasvu nopeutuu investointien kasvun ja koulutustason nousun seurauksena, mikä osaltaan edelleen nopeuttaa tätä kehityskulkua.

Myös Suomi kehittyneenä maana menettää tehdastyöpaikkoja. Tulevina vuosina puhutaan myös korkean teknologian ja korkeaa osaamista vaativan tuotannon siirtymisestä sinne, missä on kehittyvät markkinat. Kiina-ilmiötä seuraa Intia ja sitten luultavasti useat muut väkirikkaat kehitysmaat. Nousevien



Kuva 3. Eri maiden houkuttelevuus sijoituskohteina

talouksien kehitys tieteessä ja teknologiassa johtaa kypsiä alojen tuotannon ja kasvun painopisteen siirtymiseen pois Euroopasta ja Yhdysvalloista. Muutoksilla on merkittävä vaikutus Suomen työllisyyteen ja teknis-taloudelliseen kilpailukykyyn.

Hyvä tutkimus- ja kehittämistaso ja korkeatasoinen koulutus ovat yritysten houkuttelevaa toimintaympäristöä, jonka toivotaan johtavan siihen, että myös monikansallisten yritysten tutkimus- ja kehityskeskukset sijoitetaan Suomeen. Monet globaalit yritykset kartoittavat Venäjän, Intian ja Kiinan tutkimuskeskusten ja yliopistojen osaamista. Näiden maiden teknologian taso nousee ja kustannukset pysyvät ainakin vielä jonkin aikaa länsimaiden alapuolella. Tutkimustoimintaa ulkoistetaan ja tutkimuspartnerit etsi-

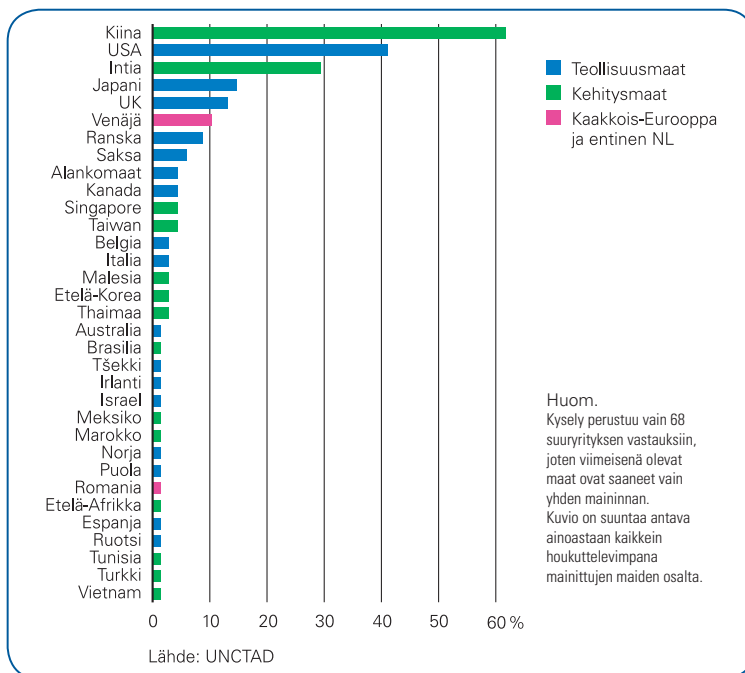
tään globaalisti sieltä, missä on paras osaaminen ja toisaalta halvat kustannukset, ja tähänkin Suomessa pitää sopeutua.

Markkinoiden globalistuminen johtaa markkina-vaatimusten syventymiseen sekä tavaroiden ja palveluiden tarjonnan monipuolistumiseen. Vauriissa maissa puhutaan tarjonnan yltäkylläisyydestä. Massaräätälöintiin perustuva tuotanto, internet sekä tehokkaat globaalit myynti- ja jakeluketjut mahdollistavat kuluttajien erilaisten tarpeiden tyydyttämisen nopeasti. Innovaatiotoiminnan kannalta tämä merkitsee, että pelkkä teknologinen innovointi ei riitä, vaan markkinoilla menestymiseen tarvitaan entistä enemmän tietoa kuluttajien preferensseistä ja kykyä erottua muista tuotteista ja palveluista. Samoin on osattava tehdä osta-

minen kuluttajille helpoksi. Markkina- ja innovaatiotoiminta monimutkaistuvat ja vaativat aiempaa laajempaa osaamista.

Globalistuminen ei koske vain taloutta; se vaikuttaa myös yhteiskunta-kehitykseen ja ihmisten arkeen. Ajat ja etäisyydet supistuvat, ihmisten väliset yhteydet lisääntyvät, elämäntapojen globalistuminen ja samanlaistuminen ovat seurausta samansuuntaisesta yhteiskuntakehityksestä, kansainvälisestä yhteistyöstä ja tehostuneesta tiedonvälityksestä.

Yksittäisen ihmisen elämässä globalisaatio merkitsee valinnan mahdollisuuksien lisääntymistä niin koulutuksessa, työmarkkinoilla kuin kuluttajankin roolissa. Samalla yksilön elämään vaikuttavat ilmiöiden monimutkaistuminen, talouselämän kasvava haavoit-



Kuva 4. Houkuttelevimmat t&k-toiminnan sijoittumismaat

tuvuus, työelämän epävakaus ja kulttuuristen jännitteiden lisääntyminen ihmisten välillä.

Globalisaatiokehitys muuttaa muotoaan jatkuvasti. Aasian maiden talouskasvun hedelmiä sijoitetaan vastaisuudessa yhä enemmän alueen omaan tuotantoon, mikä nostaa kansantuotteita ja palkkoja sekä vahvistaa kysyntää. Korkotaso Aasian taloudellisesti menestyvissä maissa nousee, ja maiden suhteellinen kilpailukyky heikkenee. Tämä ei kuitenkaan merkitse, etteikö Euroopalla olisi edessään entistä suurempi erikoistumisen, osaamisen ja kustannustehokkuuden haaste.

Väestömuutokset

Väestörakenteen muutos vaikuttaa talouden rakenteeseen

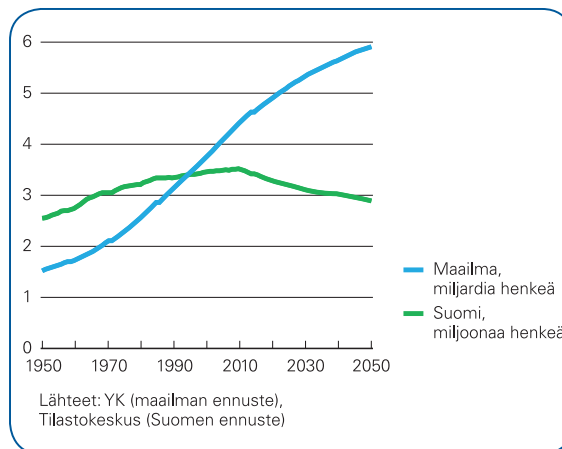
Yhdistyneiden kansakuntien arvion mukaan maailman väestö kasvaa nykyisestä noin 6,5 miljardista runsaaseen 8 miljardiin asukkaaseen vuoteen 2030 mennessä. Lähes kaikissa kehittyneissä maissa, kuten Suomessa, väestönkasvu on hidasta, ja ikääntyneiden osuus väestöstä kasvaa nopeasti 2010-luvulla. Näissä maissa tarvitaan työvoimaa sekä palvelualueille että korkeaa koulutusta vaativiin tehtäviin. Nuorten ikäluokkien pienentyessä myös kilpailu opiskelijoista lisääntyy. Samaan aikaan useimpien kehittyvien maiden väestönkasvu erityisesti Afrikassa, Intiassa ja Kaakkois-Aasian maissa jatkuu voimakkaana. Globaali väestörakenteen muutos vaikuttaa talouden toiminnan rakenteeseen.

Suomessa työikäisten vastuu lapsista, vanhuksista ja muista työelämän ulkopuolella olevista on laskennallisesti aiempaa suurempi, ja huoltosuhde kasvaa jyrkemmin kuin useimmissa muissa Euroopan maissa.

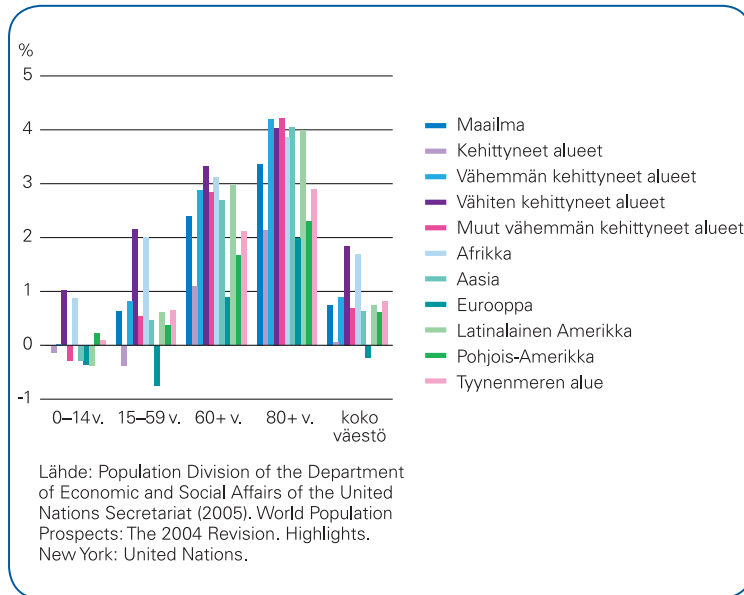
Talouden kasvu jatkuu hitaana, kun väestö vanhenee ja työikäisen väestön määrä supistuu. Paineet tuottavuuden nostamiseen kasvavat, mutta mahdollisuudet siihen saattavat vähentyä, sillä uusien teknologioiden omaksuminen hidastuu ikääntymisen seurauksena. Väestön elinikäisen oppimisen tarve korostuu entisestään.

Ikääntyminen vaikuttaa myös ihmisten kulutustottumuksiin; kulutuksen rakenne muuttuu merkittävästi. Erityisesti terveys- ja hoivapalveluiden kysyntä kasvaa nopeasti. Tämä luo paineita julkisen sosiaali- ja terveyspalvelujärjestelmän rakenteelliseen uudistamiseen ja tuottavuutta parantaviin innovaatioihin.

Ikääntymisen ohella väestörakennetta muuttaa lisääntyvä maahanmuutto. Työvoimapulaan haetaan helpotusta sekä teknologisesta kehityksestä että ulkomailta Suomeen muuttavasta työvoimasta. Aktiivinen maahanmuuttopolitiikka muuttaa yhteiskuntaa monikulttuuriseksi.



Kuva 5. Maailman ja Suomen työikäinen väestö



Kuva 6. Väestönkasvu eri alueilla

Suomen väestön aluerakennekin on muutoksessa. Entistä suurempi osa väestöstä siirtyy aluekeskuksiin, ja harvaan asuttu maaseutu autioituu. Lasten ja nuorten osuus kasvaa muuttovoittokunnissa ja iäkkään väestön osuus muuttotappiokunnissa. Muuttoliike vaikuttaa voimakkaasti sosiaali- ja terveyspalvelujen tarpeeseen.

Tiede ja teknologia muutosvoimana

Digitaalisuus ja verkostoituminen muuttavat toimintatapoja

Tieteen ja teknologian merkitys avaa uusia innovaatiomahdollisuuksia, ne heijastuvat toimintatapoihin, liike-toimintaprosesseihin ja systeemiin rakenteisiin sekä sosiaaliseen käyttäytymiseen.

Tieto- ja viestintäteknologioiden kehitys vaikuttaa monella tavalla yhteiskunnan kehitykseen tulevaisuudessa. Muita kehitystä vetäviä tieteitä ja teknologioita ovat biotieteet, materiaalitieteet, nanoteknologia sekä energian ja ympäristön teknologiat. Näitä tarkastellaan paneelien raporteissa.

Tiedon digitaalisuus ja tietoverkot mahdollistavat verkottuneen toimintatavan. Yhteiskunnan toiminnot siirtyvät yhä enemmän internet-pohjaiseen verkkoon, joka on koko ajan, kaikkialla kaikkien saatavilla – tiedon kaikkiallisuus lisääntyy. Muutoksen edistäjänä on teknologian kehitys ja verkon käyttömukavuus ja nopeus verrattuna kaikkiin muihin kommunikointitapoihin. Muutosta saattavat hidastaa lähinnä tekniikassa ja verkon sosiaalisessa käyt-

tössä ilmenevät epäkohdat, kuten rikollisuus, tietoturva-vaarat, verkon laajamittainen väärinkäyttö sekä verkon toiminnan epävarmuus ja epäluotettavuus. Myös tiedon luotettavuus ja riippumattomuus tulevat entistä kriittisemmiksi. Tiedon muuttaminen inhimilliseksi tietämykseksi ja parhaalla mahdollisella tavalla hyödyntämään luovaa toimintaa on jatkuva haaste.

Sähköisen asioinnin infrastruktuurien kehittelytyö avaa uudenlaisia mahdollisuuksia määritellä palveluprosessit uudelleen ja tehostaa toimintoja. Kun rakenteet uudistuvat, verkottunut toimintatapa voi mullistaa yritystoiminnan ja julkisen sektorin palvelutarjontaa sekä vaikuttaa merkittävästi kuluttajien elämään ja kansantalouden kokonaistuottavuuteen. Haasteena tulevat olemaan erilaisten tietojärjestelmien integroinnit ja niiden yhteensopivuus. Verkostojen avautumiskehitys jatkuu, mutta toisaalta tietyt vastatrendit ovat

aiheuttaneet myös kehityksen kohti suljettuja verkostoja. Tietojen säilyvyys, varmentaminen ja tietosuojavaativat kehittämistä. Jos turvajärjestelmät eivät kehity tiedon saatavuuden ja tiedonkäsittelyn menetelmien kanssa samaa tahtia, tilanne voi aiheuttaa vakaviakin kriisejä mm. talouden ja hallinnon järjestelmissä.

Viestinten tekninen konvergenssi

Teknisen konvergenssikehityksen myötä tietoliikenneverkot ja päätelaitteet yhdentyvät. Samoissa tietoverkoissa voi liikkua niin data, ääni kuin kuvakin. Vastavasti eri päätelaitteilla voidaan ottaa vastaan, käsitellä ja lähettää hyvin erilaisia sisältöjä. Muutos näkyy mm. digitaalisen sisällön ja sisällöntuotannon lisääntymisenä, mikä mahdollistaa aivan uudenlaiset globaalit markkinat.

Mobiilisuus lisääntyy väistämättä. Tämä koskee sisällön vastaanottoa, sisällöntuotantoa ja myös työn organisointimalleja. Mitään erityisiä hidasteita konvergenssikehitykselle ei ole näköpiirissä. Edessä voi kuitenkin olla myös kansainväliseen standardointiin liittyviä ongelmia.

Tekninen konvergenssikehitys mahdollistaa uudenlaisia innovaatioita

Globaalien verkostojen merkitys kilpailukytekijänä kasvaa, koska ne ovat keskeisiä väyliä osaamisen ja sosiaalisen pääoman siirrossa. Tekninen konvergenssi mahdollistaa inhimillisten toimijoiden kytkeytymisen verkostoihin aivan uudella tavalla teknologisesti, ammatillisesti ja sosiaalisesti. Toiminta verkostojen moninaisuudessa antaa entistä enemmän mahdollisuuksia uudenlaiselle luovuudelle.

Avoimuuteen, jakamiseen ja vapaaseen tiedonvälitykseen perustuva open source -toimintatapa yleistyy ja tarjoaa suuria uusia mahdollisuuksia niille, jotka

osaavat ja haluavat hyödyntää mahdollisuuksia asioiden uudenlaisiin yhdistämissiin ja uusiin innovaatioihin.

Vuorovaikutus muuttuu

Ihmisten kyky ja motivaatio omaksua uusia teknologioita apuvälineekseen vaihtelee, mikä asettaa haasteita oppimiselle ja opetukselle – sekä teknologialle käytölliittymiseen. Oppimista tukevien teknologioiden merkitys korostuu. Ihminen elää tulevaisuudessa yhä tiiviimmässä vuorovaikutuksessa koneiden kanssa, ja tämä muuttaa myös ihmistä itseään. Vuorovaikutuksen määrä lisääntyy, mutta samalla vuorovaikutus pinnallistuu. Inhimillisen vuorovaikutuksen tarve lisääntyy ja inhimillistä kypsymistä tukevien ja turvaa synnyttävien ihmissuhteiden tarve kasvaa.

Kansalaisten reaaliaikainen osallistuminen tulee lisääntymään, ja verkostoissa syntyy myös uudenlaista yhteisöllisyyttä. Tarvitaan uusia ratkaisuja vuorovaikutukseen. Osallistava tiedonmuodostus lisää tarvetta kannustaa aktiiviseen, vaatimaan kansalaisuuteen.

Ihmisen toiminta on keskeisimmältä osaltaan vuorovaikuttamista toisten yksilöiden kanssa. Sosiaaliset ja perusemootiot ovat tärkeitä vuorovaikutusta sääteleviä mekanismeja. Toimiva vuorovaikutus on ehto sopusointuiselle yhteiskunnalle ja sen perusyksiköille, mutta myös esimerkiksi oppimiselle. Toimimaton vuorovaikutus aiheuttaa valtavasti kärsimystä, jopa kärjistyneitä yhteiskunnallisia tilanteita ja selkkauksia.

Sisältöjen ja palveluiden kiihtyvä digitalisoituminen ja päätelaitteiden konvergenssi eivät yksin riitä, mikäli ihmiset kokevat päätelaitteiden ja niiden kautta sisältöjen sekä palveluiden käyttöönoton ja käyttämisen liian vaikeaksi. Tämän vuoksi niin päätelaitteiden kuin sisältöjen ja palveluiden helppokäyttöisyyteen ja käytäjätystävällisyyteen sekä on panostettava merkittävästi. Uhkana on, että panostamme liikaa pelkkään teknologiseen kehitykseen.

Kestävä kehitys

Pitkän tähtäimen varma vaihtoehto

Kestävän kehityksen vaatimus vaikuttaa entistä enemmän tuleviin valintoihin. Ratkaisujen tulee olla samanaikaisesti ekologisesti kestäviä, taloudellisesti kannattavia, yhteiskunnallisesti oikeudenmukaisia ja kulttuurisesti arvokkaita. Toimintamalleja muuttamalla voidaan vaikuttaa elinympäristöihin. Panostaminen kestävän kehityksen osaamiseen on pitkällä tähtäimellä varma vaihtoehto, mutta keinot eivät ole yksiselitteisiä eivätkä useinkaan lyhyellä tähtäimellä taloudellisia.

Ilmastonmuutos ja luonnon monimuotoisuuden väheneminen ovat kriiseille altistavia globaaleja ympäristömuutoksia. Maapallon ekosysteemit ovat ihmisen toiminnan seurauksena kiihtyvässä muutostilassa, josta tiedetään toistaiseksi liian vähän. Maailman vesiongelma kärjistyy. Puhtaan juomaveden puute ja jäteongelmat vaativat nopeita ratkaisuja suuressa osassa maapalloa.

Elinympäristöjen muutokset vaikuttavat ihmisen hyvinvointiin, terveyteen ja elämänlaatuun. Teolliset tuotteet sisältävät yhä uusia kemiallisia yhdisteitä, joilla on sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia ympäristöön ja ihmiseen. Samalla on huolestuttu yhdisteiden mahdollisista uudentyypisistä haittavaikutuksista nanomittakaavaan mentäessä. Nanotason yhdisteet läpäisevät ihmisen keskeiset fysiologiset turvaportit (kuten keuhkot-verenkierto ja verenkierto-aivot).

Globalisoituvaa tuotantoa ja kulutusta muuttavat oleellisesti ympäristöasioiden hallinnan reunaehdot. Erity-

isesti monikansallisten yritysten rooli voimistuu, ja keskeistä on, kuinka vastuullisesti toimitaan. Globaali- ja paikallistason ympäristökysymyksiä on hallittava samanaikaisesti. Ympäristökysymysten monimutkaisuus haastaa kehittämään integroitua ympäristöasioiden hallintaa ja riskien arviointia Suomessa ja globaalisti.

Samalla kansainvälisten ympäristösopimusten painoarvo kasvaa. Kaupan rajoittaminen ympäristöön liittyvistä syistä on mahdollista. Kuluttajat vaativat yhtiöiltä yhteiskuntavastuuta.

Energiantuotannossa pyritään entistä voimakkaammin kestävän kehityksen mukaisiin vaihtoehtoihin. Ydinvoiman taloudellinen kilpailukyky parantuu suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin, mutta ydinvoiman käyttö on merkittävä poliittinen kysymys.

Ehtyvät luonnonvarat, kuten öljy, maakaasu ja uraani, kallistuvat. Energiavaltaisten toimialojen toimintaympäristö käy yhä haasteellisemmaksi, ja paine uusiutuvien luonnonvarojen käyttöön kasvaa. Samalla avautuu uusia mahdollisuuksia uusiutuvien energiamuotojen taitajille ja energiankäyttöä tehostavan teknologian kehittäjille. Lisäksi energian niukkuus asettaa paineita energian tuotannolle ja liikennejärjestelyille.

Teollisia prosesseja pyritään kehittämään ympäristönäkökulmasta entistä tehokkaammiksi ja vähäpäästöisemmiksi. Materiaalien kierrätettävyyttä ja parempiä pitkäaikaisia hyödynnettävyyttä nousevat arvoonsa. Sekä elinkeinoelämä että kuluttajat edellyttävät tehokkuutta, joka kestää tarkastelun kestävän kehityksen näkökulmasta. Nano- ja bioteknologia tuovat kehitystyöhön uusia mahdollisuuksia.

Osaamisen muutokset

Osaava työvoima keskeinen menestystekijä

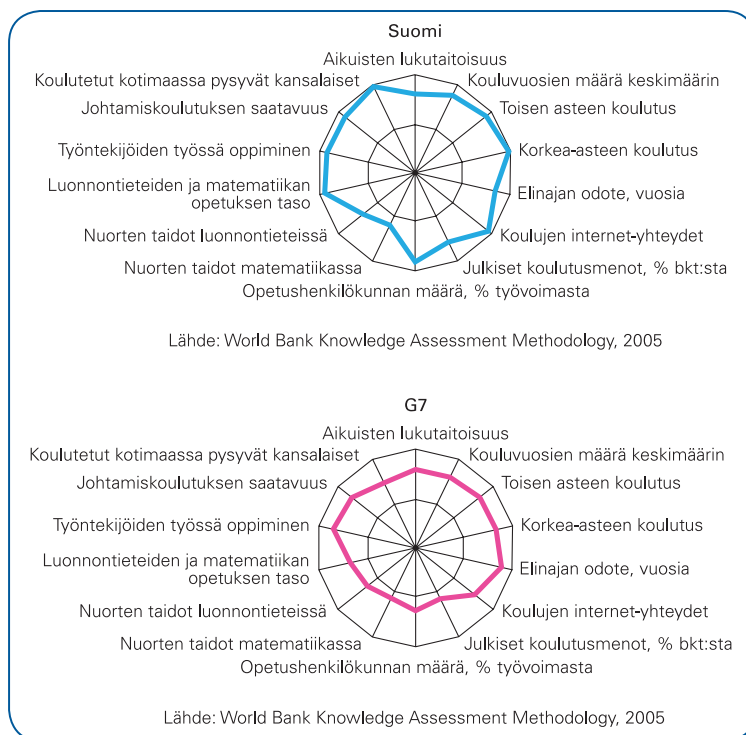
Sijaintikilpailu on keskeinen tekijä globaalissa kilpailussa; kustannustaso ja osaava työvoima ovat tämän kilpailun valtteja. Yhä enemmän osaamispohjaisessa massatuotannossa sekä tutkimus- ja kehitystyössä tämä johtaa maapallon mittakaavassa toimintojen keskittymiseen Tyynenmeren alueelle (Kiina ja erityisesti Intia). Luovien alojen keskittymiä on syntynyt erityisesti Pohjois-Amerikan länsirannikolle. Paineet keskittymiseen ovat nähtävissä myös eurooppalaisten yhteiskuntien alueellisessa kehityksessä.

Tämä asettaa erityisesti Suomen kaltaiset pienet kehittyneet maat haasteelliseen asemaan. Ensinnäkin ne joutuvat tekemään entistä tarkempia valintoja sen suhteen, millä aloilla ne tavoittelevat maailman kärkeä tutkimuksessa ja teknologiassa, mikä merkitsee entistä selkeämpää erikoistumista. Toisaalta ne joutuvat verkottumaan globaalisti ja kehittämään uusia toimintatapoja globaalien osaamisen hyödyntämiseksi.

Tämä laajentaa tarvittavaa osaamista puhtaasti tieteellis-teknillisestä ja innovaatio-osaamisesta erityisesti regulaatio- ja kulttuuriosaamiseen. Yhtäältä on havaittavissa pyrkimys maailmanlaajuiseen tai alueelliseen sääntelyyn osaamisperustaisissa toiminnoissa, mutta toisaalta yhteiskunta-, politiikka- ja kulttuurisidonnai-

suudet ovat vahvoja. Tulevaisuudessa tarvitaan sellaisen osaamisen kehittämistä, jossa yhdistyvät luovalla tavalla perustieteiden ja -teknologioiden osaaminen mm. liiketoiminnalliseen, kulttuuriseen, juridiseen ja yhteiskunnalliseen osaamiseen.

Osaamisen ja tiedon hyödyntäminen muuttuu entistä enemmän avoimia innovaatioympäristöjä suosivaksi. Monien alojen yrityksissä muutos nykyistä avoimempaan toimintamalliin on jo käynnissä. Seuraavan kymmenen vuoden aikana julkisten, kaikkien käytävissä olevien tietovarantojen kasvu on todennäköisesti nopeaa. Tämän kehityksen myötä saadaan nykyistä helpommin käyttöön muualla syntyneitä osaamista, mutta globaalien kilpailun oloissa myös riskit ovat huomattavat.



Kuva 7. Koulutuksen muuttujia Suomessa ja G7-maissa

Osaavan työvoiman markkinat ovat vahvasti globalisoitumassa. Tämä merkitsee yhtäältä oman maan houkuttelevuuden lisäämistä työ- ja asuinympäristönä ja toisaalta ovien avaamista oman maan osaajille kaikkialla siellä, missä eri alojen koulutus, tiede ja teknologia ovat kehittyneimpiä koko maailmassa.

Myös oppiminen kansainvälistyy. Eri alojen asiantuntijat voivat luoda yhteistä tietoa eri puolilta maailmaa käytettäväksi oppimiseen kaikkialla maailmassa. Mahdollisuudet näyttävät rajattomilta peruskoulusta aikuisten oppimiseen. Yliopistot siirtävät kurssinsa verkkoon. Oppilaiden valintamahdollisuudet kasvavat olennaisesti. Kansainväliset koulutuksen markkinat laajenevat nopeasti. Erityisen selvästi tämä on nähtävissä yliopistotasoisessa koulutuksessa.

Työorganisaatiot muuttuvat, ja se korostaa jatkuvaa kehittämistä ja oppimista. Organisaatiot ja niiden johtaminen monimutkaistuvat. Verkosto-organisaatiot asettavat kaikille toimijoille osaamishaasteita, joista asioiden ”moniosaamisen” ohella keskeisiksi muodostuvat vuorovaikutus-, viestintä- ja sosiaaliset taidot. Työtehtävien muutokset ihmisen elinkaarella korostavat elinikäisen oppimisen välttämättömyyttä.

Yhteiskunnan ja työympäristöjen teknistymisestä seuraava monimutkaisuuden lisääntyminen johtaa siihen, että kehittyneiden maiden tuotannossa täysimääräisesti työskentelevien keskimääräinen elämänmittainen koulutusaika tulee kasvamaan. On odotettava, että ihmisten elinkaarella työn, opiskelun ja vapaa-ajan vuorottelu tulee muuttumaan. Entistä merkittävämpi osa oppimisesta tapahtuu erityisten koulutusinstituutioiden ulkopuolella. Tämä edellyttää lisähuomion kiinnittämistä oppimisympäristöjen kehittämiseen kuin myös muodostumassa olevien suurten oppimiseröjen tasoittamiseen.

Työn muutokset ja ihmisen henkiset voimavarat

Työmahdollisuudet ovat globaalit

Tietotyö ja osaamispohjaisuus lisääntyvät elinkeinöelämän rakennemuutoksen seurauksena Suomessa. Työmahdollisuudet ovat globaalit yhä useammalla alalla, samoin kilpailu työstä. Tietotyön alueella ei ole enää kansallisia työmarkkinoita, vaan työpaikat löytyvät internetistä ja niitä voidaan hakea mistä päin maailmaa tahansa. Globaalissa maailmassa muutokset ovat nopeita, minkä seurauksena myös työtehtävät ja yritysraenteet muuttuvat jatkuvasti.

Työkyky edellyttää jatkuvaa osaamisen ylläpitämistä ja uudistamista. Sen lisäksi tarvitaan yrittäjäyyttä ja oman osaamisen markkinointia. Työtaitoihin liittyy tulevaisuudessa entistä tärkeämpänä palveluosaaminen, jossa vuorovaikutustaitojen ja sosiaalisten taitojen merkitys on kasvava. Osaamisen markkinat ovat globaalit, ja tulevaisuudessa osaajat tulevat liikkumaan entistä enemmän sinne, missä heidän osaamiselleen on kysyntää. Toisaalta jakaantuminen osaajiin ja ei-osaajiin lisääntyy. Erityisasiantuntijoiden merkitys ja tarve kasvavat samaa tahtia kuin moniosaamisen ja -osaajien kysyntäkin. Osaamisen jyrkkä jakautuminen väestössä johtaa myös tuloerojen kasvuun. Tähän voi liittyä kasvavia yhteiskunnallisia ja poliittisia riskejä.

Avoin toimintamalli yleistyy

Toisaalta eri puolilla olevia osaajia ja osaamisia voidaan yhdistää tietoverkkojen avulla. Työ muuttuu liikkuvaksi ja hajautuneeksi sekä myös etätyöksi. Työn ”kaikkiallisuus” – ajasta ja paikasta riippumattomuus – lisääntyy. Yhteisiin tavoitteisiin pyrkivät ja yhdessä toimivat organisaatiot voivat olla hajallaan eri puolilla maapalloa, ja niitä hallitaan tietoverkkojen avulla.

Tämä tarjoaa aivan uusia mahdollisuuksia työn organisoimiselle ja innovaatiotoiminnalle, mutta vastaavasti haasteet työn johtamiselle monimutkaistuvat. Motivoinnin ja kannusteiden merkitys tulee kasvamaan, samoin kuin työskentelyhengen. Parhaimmillaan työ voidaan koota kutakin tavoitetta varten joustavasti niin, että saadaan aikaan mahdollisimman kustannustehokas ja toimiva kokonaisuus. Työ koostuu tavoitekohtaisista kumppanuuksista. Tämä ns. avoin toimintamalli yleistyy, koska ansaintamallit muuttuvat nopeasti. Toisaalta tarpeiden jatkuva muutos lisää myös työsuhteiden epävarmuutta ja niiden keston lyhyyttä.

Työn ja vapaa-ajan ero hämärtyy, koska saavutettavuus ja kaikkiallisuus lisääntyvät. Vapaa-aika toisaalta lisääntyy, mutta se jakautuu entistä epätasaisemmin. Avaintyövoima on entistä kiireisempää ja toisaalta myös ostokykyisempää.

Erilaisuutta tarvitaan

Tulevaisuudessa monenlaiselle osaamiselle – sosiaaliselle, tekniselle, tieto-, hoiva-, ammatti-, käden taitojen jne. osaamiselle – on tarvetta. Luovien osaajien tulisi kyetä luomaan uutta työtä ja käynnistämään uusia yrityksiä. Nämä henkilöt ovat kriittisen tärkeitä tulevaisuudellemme. Tarvitaan myös osaavia suorittajia ja ammattitaitoisia käden taitajia. Tarvitaan erilaisten henkilöiden ja eri alojen osaajien rakentavaa yhteistyötä, jotta yhteiskuntamme pysyisi uudistumiskykyisenä ja hyvinvoivana. Monikulttuurisuuden rikastamat työympäristöt tulevat jatkossa lisääntymään. Tämä kaikki nostaa johtamisen ja erityisesti ihmisten johtamisen osaamisen avainrooliin.

Iso osaajien joukko ovat hoivatyön tekijät ja palvelujen tuottajat. Siinä, missä tietotyöläisten työkenttänä on koko maailma, palveluja tarvitaan paikallisesti.

Hoivatyön haasteet ovat jatkossa palvelutarpeen lisääntyminen ja monimuotoistuminen, mikä johtuu

ikäntyvien määrän suhteellisesta kasvusta. Esim. kodin- ja lastenhoitopalveluja tarvitaan yksilökohtaisesti ja yhtä joustavasti kuin tietotyöläiset tekevät omaa työtään. Hoivapalvelujen työntekijäpula tulee lisääntymään.

Hyvinvointiin liittyy sekä, että erilaisuutta kunnioitetaan ja yksilöitä kannustetaan löytämään mahdollisimman hyvin omaan osaamiseensa ja lahjakkuuteensa sopiva paikka työelämässä ja -yhteisössä. Yhdessä tekemisen tarve monialaisesti tulee lisääntymään.

Henkisten voimavarojen vahvistaminen

Globaali kehitys jatkuu nopeana myös Suomessa. Taukoamaton, monien tekijöiden samanaikainen ja osin mullistava muutos rasittaa ihmisen sopeutumiskykyä. Erityisesti ihmisen henkiset voimavarat ja psyykinen kapasiteetti joutuvat edelleen lisääntyvän kuormituksen ja vaativien haasteiden kohteeksi. Mielen hyvinvointiin ja mielenterveyden tukemiseen sekä henkisten voimavarojen vahvistamiseen tulee panostaa lisääntyvästi, jotta vältetään eri tavoin kasvava syrjäytyminen ja vieraantuminen. Jatkuvan muutoksen keskellä on tärkeää tiedostaa ja ottaa huomioon ihmisen pysyvyyden tarpeet ja huolehtia arvokkaiden asioiden säilyvyydestä tai muuttumattomuudesta. Muistamisesta ja historiasta tulee uudella tavalla tarpeellisia.

Tilaa ihmisyydelle, ajattelulle ja uudenlaiselle johtamiselle

Tiedon määrä kasvaa edelleen eksponentiaalisesti ja yksilö altistuu tietotulvalle jatkuvasti ja yhä enemmän. Muutokset ja niiden monimuotoisuus lisääntyvät. Yksilön omien merkitysten ja käsitysten hajanaisuus ja/tai puuttuminen uhkaavat hänen kykyään ymmärtää asiayhteyksiä ja -kokonaisuuksia. Tietoisesti tuleekin luoda erilaisia mahdollisuuksia, jotka tukevat ymmärtämistä ja oivaltavaa oppimista sekä yksilöllisten ja

yhteisöllisten merkitysyhteyksien muodostumista. Merkitysten syntyminen tapahtuu yksilötasolla tunteita jakavissa ihmissuhteissa ja emotionaalisesti tärkeiden kokemusten kautta. Yhteisötasolla yhteiset arvot ja kulttuuri muokkaavat merkitysten syntyä. Tieto-yhteiskunnassa tulee ratkaisevaksi kysymykseksi se, miten tunteita, tunteiden perusteella ymmärtävä ja tunteiden yhteensoinnuttamisen avulla toisten kanssa kommunikoi-va ihminen löytää tiedon ja tunteen tasa-painon.

Tämän tasapainon löytyminen uhkaa hukkua yhä kiihtyviin tuottavuuden ja tehokkuuden vaatimuksiin. Lasten ja nuorten kasvu edellyttää tukevaa ja kuuntelevaa vanhemmuutta. Työyhteisöissä tarvitaan näkemysellistä ja tavoitteellista, suuntaa antavaa johtamista. Tarvitaan myös vapaana virtaavaa aikaa ja lepoa. Innostaminen, kannustaminen ja motivointi kuuluvat luovasti toimivaan yhteisöön, joka rikastaa ja rakentaa jäseniään. Erilaisia yhteisöjä on tulevaisuudessa yhä enemmän, kun mahdollisuudet ja tarve ”yllätäviin yhteenkertymiin” lisääntyvät. Monikulttuuristen ja erilaisista yksilöistä koostuvien yhteisöjen johtaminen muuttuvassa ympäristössä jatkuvasti uudistuen – usein virtuaalisesti – muodostuu erittäin tärkeäksi tulevaisuuden kilpailukykytekijäksi.

Kulttuuriympäristön muutos

Tasa-arvoista kulttuurien kohtaamista

Globalisaatio nopeuttaa erilaisten arvomaailmojen kohtaamista. Vanhat ja uudet arvot elävät rinnakkain. Eri arvomaailmojen ja kulttuurien kohtaaminen saman sisällä ja eri maiden välillä on leimallisesti tämän päivän haaste. Globalisaatio ja monikulttuuristuminen lisäävät entisestään tietoisuutta erilaisuudesta. Yksilöiden ja yhteiskuntien reaktiot vaihtelevat erilaisu-

den kieltämisestä ja tukahduttamisesta sen hyväksymiseen, arvostamiseen ja jopa aktiivisen kulttuurien välisen vuorovaikutuksen rakentamiseen.

Suomi monikulttuuristuu, ja käsite ”suomalainen kulttuuri” sisältää vastaisuudessa yhä moninaisempia aineksia. Kulttuurien kohtaaminen on rikastuttavaa, mutta ongelmatilanteiden hoito edellyttää osaamista ja tahtoa.

Toimiva monikulttuurisuus yhdistettynä hyvinvointivaltioon on kilpailuvaltti, kun osaavaa työvoimaa tarvitaan lisää väestön ikääntyessä.

Monikulttuurisuus koskee koko yhteiskuntaa. Yhtäältä on kyse erilaisuudesta, joka ulottuu arvoista ja asenteista vuorovaikutustapoihin. Toisaalta sen ydinasia on tasa-arvo; erilaisuus ei saisi merkitä eriarvoisuutta.

Pienen kielialueen kyky ylläpitää omaa kulttuuriaan saattaa vaikeutua. Monikulttuurisuus lisää myös kielirajojen ylittämistä. Paikallisuus ja äidinkieli saavat uusia merkityksiä suhteessa globaaliin ympäristöön. Kielet ja kulttuuriset käytännöt muodostavat uudenlaisia yhdistelmiä.

Erot maailman eri osien väestönkasvussa johtavat muuttopaineiden lisääntymiseen ja mahdollisesti suuriinkin siirtolaisvirtoihin. Kehittyneissä maissa tarvitaan työvoimaa sekä monille palvelualueille että korkeaa koulutusta vaativiin tehtäviin. Suomessa työelämä tulee tarvitsemaan maahanmuuttajia, ja tämä tulee muuttamaan Suomen väestöä taustaltaan nykyistä huomattavasti heterogeenisemmäksi. Yhteiskunnallisten palvelujen – esimerkiksi koulutuksen – kehittäminen monikulttuuristuvalla väestöllä on meille haaste.

Ihmisten elämään vaikuttavat työn ja vapaa-ajan uudelleenorganisointi. Kun yhä useampi työtehtävä on ajasta ja paikasta riippumaton ja viestintäteknikka mahdollistaa tavoitettavuuden, työn ja vapaa-ajan raja liukuu.

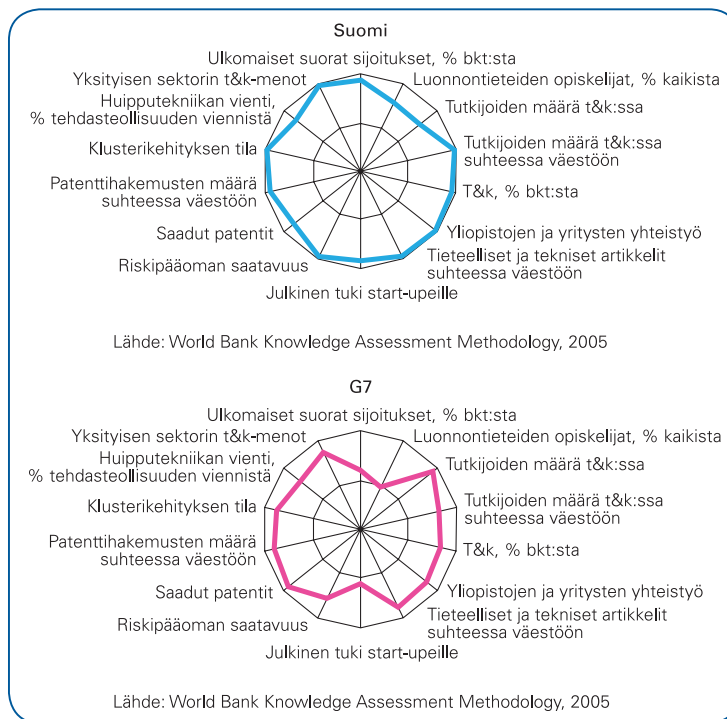
Vuonna 2015 lähes kaikilla teollisuusmaiden asukkailla on käytettävissä langaton monikielinen multimedia monenlaisissa päätelaitteissa. Tämä johtaa sekä työnteon että arjen organisoimisen merkittäviin muutoksiin. Yhteiskunnan toiminnot, tiedotus ja palvelut siirtyvät yhä enemmän internet-pohjaiseen verkkoon, joka on koko ajan kaikkien saatavilla. Tiedonkulun nopeus ja reaaliaikaisuus sekä yöttä päivää auki olevat markkinat muuttavat niin yritysten johtamista, ihmisten työtä kuin sosiaalisia suhteitakin.

Kulttuuriympäristössä tapahtuu lukuisia pitkän ja lyhyen aikavälin muutoksia, joilla on merkitystä muun muassa väestön terveydelle. Ihmisten arvoissa nousussa ovat yksilöllisyys, terveys itseisarvona sekä harrastukset ja muu itsensä toteuttaminen. Vapaa-aikavietossa kulttuurituotteilla on merkittävä osuus. Liikkuminen, matkailu, ravintola-ateriointi ja muut kotien ulkopuoliset aktiviteetit yleistyvät. Vapaa-aikaan ja oman terveyden hoitoon halutaan panostaa.

Etenkin nuoret ihmiset hakevat yhä voimakkaampia elämyksiä entistä nopeammin ja aiempaa helpomalla. Elämyksiä haetaan esimerkiksi verkosta (virtuaalimaailma). Matkailun merkitys elämysten tuottajana kasvaa. Ihmiset tulevat liikkumaan enemmän – myös virtuaalisesti. Elämysten tuottamisen kysyntä kasvaa. Kysynnän myötä tästä kehittyvät uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja monia mahdollisuuksia innovaatioille. Suomessa sekä perinteiset että kokonaan

uudentyyppiset elämys- ja kulttuurialat tulevat kasvamaan, teollistumaan ja myös teknologistumaan.

Teknologia tarjoaa uusia osallistumisen ja turvallisuuden mahdollisuuksia, mutta sen seurauksena on ylivoimainen ja yksityisyyden loukkaamisen uhka. Verkkopohjainen yhteiskunta, tiedon ja viestinnän kaikkiallisuus sekä teknologisen kehityksen mahdollistamat uudet käyttäytymistavat ja vuorovaikutusmuodot muuttavat ja muokkaavat kulttuuria ja kulttuuriympäristöä. Teknologialla on keskeinen merkitys myös kulttuuriperinnön tallentajana sekä sen saatavuuden ja saavutettavuuden mahdollistajana.



Kuva 8. Tutkimus- ja kehitystoiminnan muuttujia Suomessa ja G7-maissa

Kulttuuri, teknologia ja ihminen kytkeytyvät tulevaisuudessa toisiinsa uusilla tavoilla. Tämän seurauksena syntyy uudenlaisia yksilöllisen, yhteisöllisen ja sosiaalisen toiminnan muotoja ja uusia identiteettirakenteita – myös sosiaalisia innovaatioita. Teknologialla tulee olemaan suuri merkitys kulttuuriympäristön muovaajana.

Suomen houkuttelevuuden ja kilpailukyvyn kannalta on tärkeää, että maassa pystytään tarjoamaan riittävästi kulttuuri- ja elämispalveluita. Suomalaisen kulttuurin edistämiseksi on myös itseisarvonsa monikulttuurisessa maailmassa.

Hallinta ja turvallisuus

Muuttuvaan tilanteeseen tarvitaan uudenlaista hallintaa

Kaksinapaisen maailmanjärjestyksen murtuminen 1990-luvun alussa pani liikkeelle historiallisen muutoksen, joka on edelleen käynnissä. Sen yhteisenä nimitäjänä voidaan pitää globalisaatiota. Ilmiön olennaiset piirteet ovat rajusti lisääntynyt liikkuvuus ja maapallon eri osien keskinäisen riippuvuuden kasvu. Pääomat, ihmiset, informaatio ja tieto liikkuvat entistä vapaammin yli kansallisten rajojen ja maanosasta toiseen. Kun aiemmin globaali riippuvuus ymmärrettiin ennen muuta ekologisina tai sotilaallisen turvallisuuden käsittein, nyt se ymmärretään erityisesti pääoma- ja sijotusmarkkinoiden, tuotantoverkoston sekä informaatiovirtojen näkökulmasta. Riippuvuudet ovat entistä selvemmin myös kansalaisten koettavissa ja nähtävissä mm. tieto- ja viestintäteknologian nopean kehityksen ja globaalin työpaikkakilpailun johdosta.

Hallinnan (governance) ongelmat ja uusien hallintakeinojen kehittäminen ovat muuttuneet, vaikka taustalla vaikuttavat edelleen myös perinteiset taloudelli-

sen ja sotilaallisen vallan rakenteet. Monet uudet hallinnan ongelmat ja välineet liittyvät yhtäältä hallitusten ja yritysten – tai laajemmin elinkeinoelämän – yhteistyön syventymiseen kansallisen kilpailukyvyn kehittämiseksi globaalissa kilpailussa. Toisaalta hallitukset ja kansalaisjärjestöt, jotka usein toimivat kansainvälisesti tai jopa maailmanlaajuisesti, voivat yhteistyössä etsiä ratkaisuja mm. ympäristön kehitykseen ja ihmisoikeusongelmiin.

Maailmanlaajusten hallitusten sopimuksiin perustuvien järjestöjen – ennen muuta YK:n – painoarvo on monin osin vähentynyt samalla kun globaalin hallinnan tarve on kasvanut. Toisaalta on kuitenkin kehittynyt uudentyyppisiä hallinnan rakenteita, joista merkittävin on Euroopan unioni. Siinä yhdistyvät perinteinen hallitusten välinen yhteistyö ja eräät liittovaltiota muistuttavat piirteet. Se on saamassa entistä selvemmin myös vahvan globaalin toimijan ominaisuuksia, jotka näkyvät mm. talous-, ympäristö- ja ihmisoikeuskysymyksissä.

Innovaatio- ja tuotantotoiminnan globalisoituminen edellyttää yhä useammin asia- ja teknologiakohtaisten hallintakysymysten yhteisiä ratkaisuja. Ne näkyvät mm. standardeja, sääntelyä ja pelisääntöjä koskevinä sopimuksina. Ne syntyvät alan teknologian kehittäjien (ammattilaisten), yritysten ja osin hallitusten yhteistyönä. Merkittäviä sopimuksia on saatu aikaan esimerkiksi tieto- ja viestintäteknologiassa. Globalisoituvien innovaatioprosessien maailmassa tämäntyyppisen hallinnan merkitys tulee jatkuvasti kasvamaan, ja sitä koskeva osaaminen tulee yhä tärkeämmäksi.

Edellä kuvatut hallinnan uudet piirteet viittaavat kaikki siihen, että kansallisvaltioiden suvereeni rooli on monin osin vähentynyt. Valtiot ovat edelleen tukiä tärkeitä toimijoita, mutta nyt ne joutuvat toimimaan yhteistyössä muiden – kotimaisten ja yhä useammin

kansainvälisten – toimijoiden kanssa pyrkiessään kansallisen edun turvaamiseen. Monet sekä heikot että vahvat signaalit viittaavat toisaalta siihen, että kansallisvaltiot ovat taas vahvistamassa rooliaan perinteisissä tehtävissään. Sotilaalliseen turvallisuuteen käytetään lisääntyvässä määrin mm. Yhdysvaltojen, Venäjän ja Kiinan varallisuutta. Taloudellisen protektionismin toimintatavat saavat lisääntyvässä määrin jalansijaa myös maailman johtavissa talouksissa. Taistelu luonnonvaroista – erityisesti energiavaroista – on voimistumassa, ja siinä vastakkainasettelu kulkee entistä useammin kansallisten hallitusten ja maailmanlaajusten yritysten välillä.

Yhteisen turvallisuuden lisääminen ja sitä uhkaavien riskien hallinta ovat yhä enenevässä määrin luonteeltaan järjestelmien toimintaan liittyviä. Hallinnan erivälineiden kehittyminen (ja kehittäminen) pyrkii yhteisen edun turvaamiseen erityyppisissä järjestelmissä. Tässä yhteydessä puhutaan systeemistä riskeistä. Niiden arviointiin ja hallintaan liittyvän osaamisen merkitys kasvaa. Kyse voi olla kansainvälisistä järjestelmistä, rahoitusjärjestelmistä, informaatiojärjestelmistä, ekologisista järjestelmistä, terveydenhuoltojärjestelmistä, rakennetuista infrastruktuureista tai vaikkapa energiajärjestelmistä.



FINNSIGHT 2015



1. Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta

Puheenjohtajat

Erno Lehtinen, Turun yliopisto
Leenamajja Ojala, Teknillinen korkeakoulu ja
Helsingin Ammattikorkeakoulu Stadia

Panelistit

Jarkko Hautamäki, Helsingin yliopisto
Petteri Järvinen, Petteri Järvinen Oy
Kari Kasanen, Talent Partners Oy
Antti Kasvio, Työterveyslaitos, Työ ja yhteiskunta -tiimi
Kirsti Lonka, Helsingin yliopisto
Heikki Lyytinen, Jyväskylän yliopisto
Kiti Müller, Työterveyslaitos, Aivot ja työ -tutkimuskeskus
Anne Salovaara, AEL
Kerttu Tuomas, Kone Oyj
Jaakko Virkkunen, Helsingin yliopisto

Oppiminen yhteiskunnan moottorina

Aiemmin puhuttiin aina kansakunnan hyvinvoinnin ja väestön koulutustason välisestä yhteydestä. Kansan korkea koulutustaso takasi vauraan ja kilpailukykyisen maan. Suomi on ollut tästä hyvä esimerkki. Peruskoulu on taannut jokaiselle tietynlaisen osaamistason, ja viime vuosina suomalainen peruskoulu on arvioitu maailman kärkeen kansainvälisissä vertailuissa (PISA-tutkimus). Joka neljäs nuorista työikäisistä (25–34-vuotiaista) on suorittanut korkeakouluasteen tutkinnon, ja korkea-asteen tutkinto on noin 40 prosentilla. Samaan aikaan Suomi on myös listattu useana vuotena yhdeksi maailman kilpailukykyisimmistä maista.

Maailma on muuttunut ja muuttuu yhä nopeammin ja äkkinäisemmin. Eilen hankitut taidot saattavat olla käyttökelttomia huomenna. Eilinen tehokas toimintatapa voi huomenna olla täysin tehoton ja sopimaton. Vuosia ja vuosikymmeniä maailman kärjessä ollut teollisuus voi yhtäkkiä olla vanhanaikainen ja menettää asemansa. Osaaminen ei ole pysyvää. Hyvä koulutus antaa perustan kilpailukyvyille, mutta se ei riitä kilpailukyvyyn säilyttämiseen, saatikka kestävän kilpailuedun luomiseen. Hyväksi arvioidusta kilpailukyvyistä huolimatta Suomessa on edelleen korkea työttömyys, vaikka monet alat potevat jo huutavaa pulaa tekijöistä. Suomen tuottavuus on monilla aloilla heikko, investoinnit ovat jäissä, yrittäjyys ei houkuttele eikä bkt/henkilö yllä lähellekään samaa tasoa kuin kilpailukyky. Peruskoulun jälkeinen koulutus ei myöskään ole saanut kovin korkeaa arvoa, eikä Suomi ole kunnostautunut mainittavasti jatkuvan oppimisen mallimaana. Kansainvälisessä yliopistojen vertailussa Helsingin yliopisto sijoittui sijalle 62 ja Teknillinen korkeakoulu sijalle 194. Muita suomalaisia

korkeakouluja ei edes mainita. Elinkeinoelämä on tyytymätön koulutuksen laatuun ja työelämään tulevien nuorten osaamiseen.

Yksilöt, yhteisöt, yritykset, organisaatiot, kaupungit, alueet ja kansakunnat ovat jatkuvasti uusien haasteiden edessä. Tarvitaan kykyä tunnistaa uudet haasteet, nähdä uudet mahdollisuudet ja oivaltaa uudet toimintatavat. Tarvitaan myös kykyä uusia ja uusintaa osaamista, taitoa uusiutua ja muuttua. Myös koulutuksen erityisesti peruskoulun jälkeen tulee kyetä uusiutumaan ja ennen kaikkea uusia rakenteitaan. Uusiutuminen ja muuttuminen edellyttävät oppimista, jatkuva muutos jatkuvaa oppimista. Tämän päivän globalisointuneessa ja teknistyneessä maailmassa oppimisesta on tullut jokaisen ihmisen ja yhteisön keskeinen prosessi ja paras selviytymiskeino. Oppimiseen sisältyy myös yksilöiden ja yhteisöjen kyky ennakoida uudet oppimistarpeet.

Oppimista tapahtuu koko ajan ja kaikkialla. Koulu ja koulutus ovat vain yksi osa oppimista. Oppiminen on koko yhteiskunnan asia, se ei ole vain perinteisten opettamisen asiantuntijoiden yksinoikeus. Se, joka osaa oppia tehokkaammin ja hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti ja monipuolisesti erilaisia keinoja oppia, pärjää myös globaalissa kilpailussa. Tehokas oppiminen takaa kestävän kilpailuedun.

Tässä raportissa käsitellään oppimiseen vaikuttavia muutostekijöitä ja niiden haasteita oppimiselle sekä sellaisia osaamisalueita, joihin panostamalla voitaisiin auttaa kansalaisia selviämään jatkuvasta muutoksesta entistä paremmin, turvaamaan Suomen ja Suomen elinkeinoelämän kilpailukyky sekä hyödyntämään entistä paremmin tietoa ja tiedon luomista yhteiskunnan uudistamisessa.



Muutostekijät

Oppimiseen vaikuttavia muutostekijöitä on tarkasteltu seuraavassa oheisen kuvan 1. mukaan globaalin toimintaympäristön ja suomalaisen yhteiskunnan muutoksina, työelämän ja työn muutoksina, teknologian kehityksen tuomina oppimishaasteina ja -mahdollisuuksina sekä tiedon tuottamisessa ja tietämyksen ja osaamisen muodostumisessa tapahtuvina muutoksina. Muutostekijät ovat monelta osin päällekkäin ja vaikuttavat myös toisiinsa. Ne vaikuttavat oppimiseen sekä suoraan että välillisesti.

Jokainen muutostekijä luo haasteita oppimiselle ja oppimisen toteuttamiselle. Työ ja yhteiskunta muuttavat yhä nopeammin. Työssä on opittava jatkuvasti uutta, mutta tehokkuus edellyttää, että oppiminen ei "häiritse" tuottavuutta. Oppimista tapahtuu ja pitää tapahtua kaikkialla ja jatkuvasti. Tarvitaan uusia tapoja oppia ja tunnistaa oppimista. Tietotekniikka ja sen käyttö eri viestimissä tarjoaa erittäin tehokkaat keinot informaation levittämiseen ja säilyttämiseen.

Jatkuvan oppimisen ja yhä korkeamman osaamistason vaatimukset lisäävät myös yhteiskunnallisia ongelmia. Ihmisten kykyrakenne on erilainen, ja kaikki

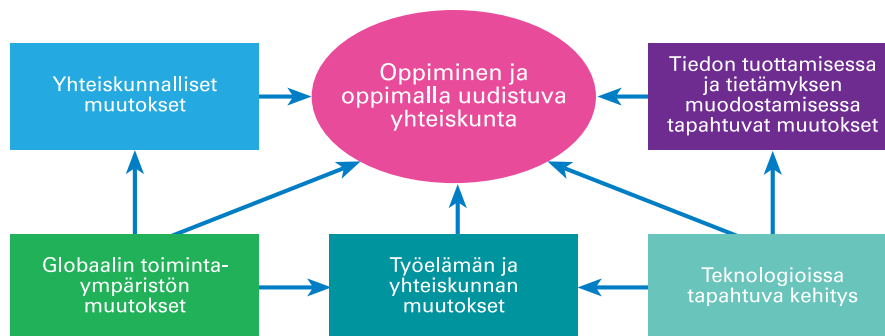
kansalaiset eivät kykene tai motivoitu jatkuvaan ja "lennossa" tapahtuvaan oppimiseen. Vaarana on lisääntyvä syrjäytyminen ja eriarvoisuuden lisääntyminen sekä kansallisesti että globaalisti.

Globaalin toimintaympäristön muutokset

Globalisaatio on yhtä aikaa vienyt jokaisen suomalaisen toimijan kansainväliseen kilpailuun ja tuonut globaalin kilpailun mukaan kaikkeen kotimaiseenkin toimintaan sekä luonut jokaiselle suomalaiselle toimijalle mahdollisuuden toimia globaaleilla markkinoilla ja hyödyntää niitä. Globalisaatio on sekä uhka että mahdollisuus hyvinvoinnillemme.

Globalisaation yksi seuraus on kustannustehokkuuden kilpajuoksu. Toimintoja ja osatoimintoja siirretään helposti maasta toiseen saatavilla olevan työvoiman ja paikallisten kustannusten mukaan. Sen seurauksena tuotannollista työtä ja jatkossa yhä enemmän myös tietotyötä siirtyy halvemman kustannustason maihin. Aasia ja Intia kirivät nopeasti erityisesti teknisessä osaamisessa.

Suomen palkkataso on moninkertainen ja jopa vielä kymmenkertainen esim. moneen Aasian maahan verrattuna (vertaa taulukko 1). Tänne jäävä työ on yhä enemmän tietotyötä, joka pohjautuu korkeaan koulu-



Kuva 1. Oppimiseen vaikuttavia muutostekijöitä

tustasoon ja jossa korostuu innovatiivisuusvaatimus. Suomen vahvuutena on koko kansan suhteellisen korkea peruskoulutustaso, kyky yhdistää erilaisia osaamisia (mikä on innovatiivisuuden edellytys) sekä korkea teknisen osaamisen taso. Suomessa voidaan luoda uusia asioita ja uusia toimintamalleja ja viedä ne nopeasti käytäntöön. Mutta vaurautta näin pienillä markkinoilla ei jatkuvasti uusiutuville tuotteille hankita. On opittava monistamaan täällä syntyneet ideat ja niche-tuotteet maailmalle ja luotava oma vauraus sitä kautta, että uusi kehitys ja tuotanto tapahtuvat muuallakin suomalaisessa ohjauksessa.

Taulukko 1. Teollisuustuotannon työvoimakustannukset eräissä maissa 2004

Maa	euroa/tunti
Saksa	27
Suomi	25
Ruotsi	23
USA	17
Viro	4
Unkari	3,3
Kiina	1,8
Venäjä	1,5
Intia	0,8

Osaamisen tarjonta ja kilpailu osaamisesta globalisoituvat

Osaavan työvoiman tarjonta maailman työmarkkinoilla moninkertaistuu 2015 mennessä. Kiina tuottaa jo nyt vuosittain paljon enemmän luonnontieteen ja teknologian asiantuntijoita kuin Yhdysvallat tai Eurooppa. On laskettu, että vuoteen 2015 mennessä 3,3 miljoonaa valkokaulustyöpaikkaa siirtyy USA:sta halvemmän työvoiman maihin, lähinnä Intiaan. Sama kehitys on käynnissä myös Euroopassa.

Tieteen ja tekniikan "kilpavarustelu" on ollut käynnissä jo pitkään. Vain 10 % maailman patenteista on enää Euroopasta, kun USA tuottaa niistä 49% ja Aasia 39%. Aasia ja Intia kirivät nopeasti erityisesti teknisessä osaamisessa. IT-ala kasvaa Intiassa noin 50 % vuodessa. EU saattaa pudota USA:n ja Aasian johtavien keskusten keltasta tieteen ja teknologian kärkialoilla, ja uhkana on, että Suomen osuus tieteen kokonaisvolyyymistä jää oleellisesti nykyistä pienemmäksi.

Koulutus ja opetus globalisoituvat

Oppiminen "kansainvälistyy", ja osaamista voidaan levittää laajemmin yli valtiollisten rajojen. Tulevaisuudessa kilpailu ihmisten ajasta kiristyy edelleen, ja 2015 oppimista ei haeta läheskään niin paljon kuin nyt luokkahuoneista. Teknologia mahdollistaa myös uudenlaisen vuorovaikutuksen opetuksessa ja oppimisessa. Oppilaat voivat esimerkiksi oppia toisten eri maassa olevien oppilaiden kanssa reaaliajassa. Eri asiantuntijat voivat luoda yhteistä tietoa eri puolilta maailmaa videoyhteyksien ja verkon avulla. Mahdollisuuksia on rajattomasti peruskoulusta aikuisten oppimiseen.

Kehitystä vauhdittaa ns. avoimen lähdekoodin toimintamalli (open source), jonka mukaan tieto tarjotaan vapaasti kaikille halukkaille. Vastavuoroisesti odotetaan käyttäjien sitten parantavan tietoa ja tuotetta niin, että parannuksesta hyötyvät kaikki käyttäjät.

Esimerkiksi Massachusetts Institute of Technology MIT käynnisti jo viime vuosikymmenen lopulla opetuksen vapaan levittämisen verkon kautta. Tällä hetkellä MIT Open CourseWare tarjonnassa on 1250 MIT:n kurssia, jotka edustavat 34:ää akateemista osaluuetta. Vuoteen 2008 mennessä MIT uskoo saavansa lähes kaikki eli 1800 kurssia vapaaseen levitykseen verkon kautta. Vaikka kurssit sisältävät paljon materiaalia, joka on ostettavissa vapaasti markkinoilta esim. kirjoina, mukana on myös täysin ainutlaatuista opetus-



materiaalia. Esimerkiksi fysiikan peruskurssiin kuuluva kurssia Relativistic Quantum Field Theory III luennoi nobelisti Frank Wilczek. Kurssi liittyy suoraan hänen Nobel-palkintonsa aihepiiriin.

Muut yliopistot seuraavat varmasti jollakin aikataululla perässä MIT:n esimerkkiä. Tällöin jokainen opiskelija voi valita, minkä yliopiston kursseilta oppia hakee. Verkkokurssit ovat valtava apu globaalissa opetuksessa ja lisäresurssi muille opinahjoille. Tutkinnon suorittaminen verkkokurssien kautta on hankalampaa. Esimerkiksi MIT OCW:n kurssit eivät johda mihinkään tutkintoon.

Globaalien verkkoja hyväksikäyttävän opiskelun ja oppimisen rajoitteena on periaatteessa ainoastaan opetuskieli. Tosin nuorisokommunikoi kaikkialla englannin kielellä, josta on internetin myötä tullut ”nykypäivän latina”.

Kansainvälinen koulutustarjonta tulee kasvamaan sekä internetin kautta että Suomeen perustettavien ulkomaisten tai kansainvälisten koulutusorganisaatioiden toimesta. Verkkokursseja tuottavat kasvavassa määrin muut kuin perinteiset oppilaitokset. Tuottajina toimii jo nyt konsultteja, lehtitaloja ja yksityisiä koulutusyrityksiä. Suomalaisen opiskelijoiden halukkuus ulkomailla opiskeluun lisääntyy. Suomalaiset koulutusinstituutit eivät ole olleet aktiivisia kansainvälisessä koulutustarjonnassa, ja tulevaisuudessa on uhkana, että Suomi on lähes pelkästään omia opiskelijoitaan ulkomaille lähettävä ja kansainvälistä verkko-opetusta vastaanottava maa.

Ulkomaiset opiskelijat suomalaisissa yliopistoissa

Ulkomaisten tutkinto-opiskelijoiden suhteellinen osuus suomalaisessa korkeakoululaitoksessa on pysynyt hyvin alhaisena, vaikka absoluuttinen määrä onkin noussut jonkin verran. Tänne houkuttaa opiskelemaan maksuton opiskelu, mutta opintojen jälkeen tänne jää-


minen ei ole enää yhtä houkuttelevaa. Moni ulkomainen opiskelija muuttaa heti valmistumisen jälkeen muualle ”länteen”. Yleisesti ottaen näyttää siltä, että Suomi on korkeasti koulutettua väestöä menettävä maa. Vuosina 1991–2002 Suomesta muutti ulkomailta 33 000 ja vastaavasti Suomeen asettui ulkomailta 28 000 korkeakoulutettua. Uhkana on, että tämä trendi vahvistuu tulevaisuudessa.

Yhteiskunnalliset muutokset

Globaalien muutostrendien ohella suomalaista yhteiskuntaa muuttaa erityisesti väestön demografiakehitys. Suomalaiset ikääntyvät kansakuntana nopeammin kuin muut EU-kansalaiset. Vanhusten määrä kaksinkertaistuu 30 vuodessa. Pula erityisesti ammattityövoimasta ja hoivatyöntekijöistä korostaa maahanmuuton lisäämisen tarvetta. Suomi monikulttuuristuu. Koulutusjärjestelmän on kyettävä tarjoamaan oppia myös monikulttuuriselle Suomelle. Koulutusjärjestelmän suurin haaste on kuitenkin sopeutuminen jatkuvaan työelämän muutokseen. Nuorten ikäluokkien supistuessa opiskelijoista käydään kilpailua. Koulutusjärjestelmän iso haaste on sopeutua väestön, työelämän ja teknologian tuomiin muutoksiin.

Nuorten ikäluokkien pieneneminen ja kilpailu opiskelijoista

Väestö ikääntyy ja iäkkäät ihmiset elävät yhä kauemmin. Nuorten ikäluokkien pieneneminen muuttaa väestörakennetta epäedulliseen suuntaan ja heijastuu monin tavoin oppimiseen sekä opiskelijoista käytävään kilpailuun. Pienentyneestä nuorten ikäluokasta kaikki eivät ole kykeneviä tai motivoitu pitkälle menevään koulutukseen. Kyvykkäistä ja motivoituneista opiskelijoista kilpailevat sekä korkeakoulutus että ammatillinen koulutus. Suomessa on varauduttu osamishaasteisiin lisäämällä kasvavien alojen koulutettavien määrää, mutta koulutuksen laatu on kärsinyt, sillä



resursseja ei ole lisätty vastaavasti. Opiskeluajat ovat venyneet, ja työelämään tullaan yhä myöhemmin.

Esimerkiksi diplomi/teknillisissä tieteissä uusien opiskelijoiden määrää on kasvatettu vuosina 1992–2004 yli 40 %, mutta opettajien määrä on pysynyt entisellään. Opettajaa kohti on nyt 21 opiskelijaa. Vastava luku MIT:ssä on kuusi ja vaihtelee Euroopan parhaissa oppilaitoksissa välillä 6–10. Samaan aikaan työssä tarvittavan tiedon käyttöikä lyhenee, joten opiskelijoiden pitäisi päästä käyttämään oppejaan nykyistä nopeammin työssä. Teknillisiin tieteisiin verrattuna muiden tieteenalojen opettajatilanne on kohtuullinen, uusien opiskelijoiden lisäys on ollut 10 % ja opettajien 2 %.

Ammattikorkeakouluissa aloituspaikkoja on kolmasosalle ikäluokasta. Suurin lisäys on tekniikan alalla. Resurssipulasta ja opiskelijoiden luonnontieteellis-matemaattisen tietojen puutteista johtuen valmistuneiden taso on pudonnut verrattuna 1990-luvun parhaisiin teknillisiin opistoihin, jotka osaltaan mahdollistivat Suomen teknologiateollisuuden nousun. Kaupallinen koulutus ylittää merkittävästi kysynnän. Ammattikorkeakoulujärjestelmä on pirstaloitunut 29 yksikköön ja 300 toimipisteeseen. Yhä suurempi osa koulutusvaroista kuluu hallintoon.

Lukioon tulee yli 60 % ikäluokasta, mutta riittävät luonnontieteellis-matemaattiset tiedot omaavia ylioppilaita on kolmasosa liian vähän verrattuna korkea-asteen opiskelupaikkoihin tekniikassa, luonnontieteissä ja lääketieteessä. Lukio-opinnot ovat muuttumassa nelivuotisiksi, joten nuorten työelämään tulo myöhästyy entisestään.

Ammattikouluista valmistuu useille ammattialoille liian vähän nuoria korvaamaan eläkkeelle siirtyviä. Esimerkiksi metalliteollisuudessa avautuu joka vuosi 3000 työpaikkaa, mutta metalliteollisuus saa vain 1500 ammattikoulun suorittanutta. Myös rakentajista on puutetta.

Koulutusjärjestelmä ei ole pystynyt vastaamaan yhteiskunnan muutoksen aiheuttamiin haasteisiin suomalaisen osaamisen ja työn turvaamiseksi. Tämä kehitys voi lisätä työvoimapulaa sekä suorittavan työn tehtävissä että kaikkein korkeinta asiantuntijuutta edellyttävillä aloilla.

Ikääntyvän väestön tuki

Suomen, kuten eräiden muidenkin maiden, ikäpyramidi on sen luontoinen, että työvoiman ulkopuolisen väestön aiheuttamat kustannukset tulevat olemaan merkittävät. Suuri osa tuosta väestöstä ei ole tottunut käyttämään tietotekniikkaa, jonka avulla voisi parantaa iäkkäiden palveluja sekä hyvinvointia. Tietotekniikan ja siihen pohjautuvien palvelujen kehittämisessä tulisi huomioida vanhempien ihmisten aistitoimintojen heikkeneminen sekä oppimiskyvyn muuttuminen. Seniorikansalaisen työmuisti kuormittuu helpommin sirpale-tiedosta, mutta toisaalta säilömuistiin tarkennettua kokemuspohjaista tietoa voi hyödyntää uuden oppimisessa, jos toimintaympäristö tarjoaa tähän mahdollisuuden. Liian nopeat muutokset ympäristössä muodostavat uhkia myös nuoremman väestön oppimiskyvylle, koska oppiminen tapahtuu vuorovaikutuksesta ympäristön kanssa (shared and augmented cognition).

Monikulttuurisuus ja monikielisyys

Työelämä tarvitsee maahanmuuttajia, ja tämä tulee muuttamaan Suomen väestöä taustaltaan huomattavasti nykyistä heterogeenisemmäksi. Koulutuksen on kaikilla tasoilla tarjottava opetusta monikulttuuristuvale väestölle. Toisaalta oppimisessa luokahuoneissa, oppilaitoksissa, työpaikoilla ja erilaisissa yhteisöissä tulisi hyödyntää moninaisuutta (diversiteettiä).



Hyvinvoinnin jakaminen

Vaikka lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet, että kansallinen kilpailukyky kulkee käsi kädessä koko kansan koulutustason kanssa, on nykyinen korkea koulutustasoon ja koulutukselliseen tasa-arvoon perustuva malli uhattuna. Tasa-arvo alkoi kadota Suomesta jo 1990-luvulla, kun vauraus jakautui uudelleen. Oppiminen ja oppimisen resurssit ovat iso eriyttävä tekijä, johon ei enää edes yhtenäisellä peruskoululla voida vaikuttaa. Oppimista tapahtuu kaikkialla, ei vain kouluissa ja oppilaitoksissa. Esimerkiksi lapset ovat koulussa vain 21 % valveillaoloajastaan, ja 79 % ajastaan he ovat siis muualla. Nykyajan teknologian avulla he oppivat valtaosan asioista tuon 79 %:n aikana, mikäli asuinympäristö ja koti tarjoavat virikkeitä, puitteita ja yhteyksiä tiedon lähteille. Muodollisen koulutuksen ulkopuolisessa oppimisessa ihmiset ovat erilaisessa asemassa omien ja vanhempien resurssien ja elinympäristön mukaan.

Työn ja työsuhteiden luonteen muuttuminen

Työn muutos vaikuttaa eniten oppimistarpeisiin. Globalisaation seurauksena työtehtävät ja yritysrakenteet muuttuvat jatkuvasti. Työ edellyttää jatkuvasti uutta osaamista. Monesti tarvitaan kokonaan uusi ammattitaito työkyvyn säilymiseksi. Tietotyö on vallitseva työ tulevaisuuden Suomessa, ja tietotyössä osaaminen on entistä tärkeämpää. Työkyvyn ylläpito edellyttää eniten osaamisen huoltamista – oppimista. Osaamisen markkinat ovat globaalit. Osaajat tulevat liikkumaan yhä enemmän sinne, missä heidän osaamistaan tarvitaan. Toisaalta eri puolilla olevaa osaamista voidaan yhdistää tietoverkkojen avulla. Työ muuttuu yhä enemmän liikkuvaksi ja samalla hajautuneeksi. Organisaatiot ovat levällään maailmalla. Aikaerot ja aikavyöhykkeet ovat suurimpia rajoituksia 24 tunnin jatku-


valle tekemiselle. Työn johtaminen monimutkaistuu, kun eri puolilla maailmaa olevia ihmisiä pitää kyetä saattamaan yhteen ja sitoutumaan yhteiseen tavoitteeseen ja työskentelemään yhdessä toisaalta synkronisesti samaan aikaan, toisaalta asynkronisesti täydentävinä kellonaikoina. Työtä ei voi valvoa, voi vain asettaa haastavia tavoitteita.

Työorganisaatiot uusiksi

Globalisaation myötä työorganisaatiot joutuvat juoksemaan kustannustehokkuuden perässä. Toimintoja sijoitetaan sinne, missä ne kustannustehokkaimmin voidaan toteuttaa. Koko tuotantoketju muodostuu toimintojen verkostosta, jota hallitaan tietotekniikan avulla. Tuotanto on kuin legopalikoista koottu kokonaisuus, joka parhaimmillaan kootaan kutakin hanketta tai kutakin asiakasta varten tai jota voidaan joustavasti uudelleen koota sen mukaan, miten saadaan aikaan mahdollisimman kustannustehokas ja toimiva kokonaisuus. Tuotantoyksikkö muodostuu monen toimijan muodostamasta kumppanuudesta.

Kun jatkuvasti haetaan entistä parempaa ja toimivampaa ratkaisua, korostuu myös jatkuva kehittäminen ja uuden tiedon tuottaminen. Asiakkaan toimintaympäristö muuttuu jatkuvasti, samoin asiakkaan vaatimukset ja odotukset. Kilpailu nopeudessa pakottaa liittämään kehittämistyön tekemiseen ja tuotantoon. Tuotantokumppanuuteen sisältyy kehittäjäkumppanuus.

Ansaintamallit muuttuvat. Enää ei esimerkiksi tuotekehitystä pidetä salaisena asiana, joka tehdään täysin valmiiksi ja sitten tuodaan vasta markkinoille. Mahdollisimman moni osaaja halutaan saada tekemään osaa tuotekehityksestä samaan aikaan. Tähän liittyy myös ns. avoimen lähdekoodin (open source) toimintamalli. Sen mukaan esimerkiksi ohjelmiston lähdekoodi on vapaasti saatavilla ja muokattavissa. Tuotetta



kehitetään eteenpäin osaajayhteisössä. Yksittäinen ohjelma tai ohjelmisto voi olla toimivampi kuin kaupallinen kilpailijansa. Ihmisiä motivoi mukana olemiseen ja ei-maksulliseen kehittämistyöhön mahdollisuus oppia itse, sekä mahdollisimman hyvin toimiva ohjelma tai tuote. Moni uusi tietotekniikkayritys on rakentanut sitten varsinaisen liiketoiminnan näiden open-source-tuotteiden sovelluksista ja oman kehitystyön myötä hankitun osaamisen myymisestä yrityskohtaisina sovelluksina. Myöskään tuotekehityksessä ei uutta tietoa pyritä salaamaan siihen asti, kunnes se on ”valmis” ja julkaistu tekijän nimissä, vaan uusi ”tiedonpöytä” laitetaan heti vapaasti jatkojalostettavaksi. Kun nopeus ratkaisee, tarvitaan mahdollisimman paljon erilaisten osaajien panoksia kehitystyöhön.

Työtehtävien jatkuva uusiutuminen

Työtehtävät uusiutuvat yhä nopeammin. Esimerkiksi niistä ammattinimikkeistä, joihin AEL tarjosi 10 vuotta sitten koulutusta, on kadonnut joka kymmenes. Tällaisia olivat esimerkiksi graafisella alalla skannerikuljettajat ja asemoijat. Arvion mukaan seuraavan kymmenen vuoden aikana katoaa joka viides tämän päivän nimikkeistä. Tämä merkitsee työssä oleville ihmisille tarvetta jatkuvaan uudelleenouluttautumiseen sekä tietoa eri ammattien tulevasta kehityksestä.

Tietotyötä ja hoivatyötä

Työpaikkojen uusjaossa Suomeen jää korkeaa osaamista vaativia, teknologiaa hyödyntäviä ja nopeasti uusiutuvia työtehtäviä. Valtaosa työtehtävistä on ns. tietotyötä, jota jo nyt tekee noin puolet väestöstä. Tietotyön asiantuntijuus on valtakunnanrajoista ja kulttuurista riippumatonta. Sitä voidaan myydä ja soveltaa missä päin maailmaa vain. Työmahdollisuudet ovat

globaalit. Samoin on kilpailu työstä. Tietotyön alueella ei ole enää kansallisia työmarkkinoita, vaan työpaikat löytyvät internetistä ja niitä voidaan hakea mistä päin maailmaa tahansa.

Tietotyön tekijät voidaan jakaa ns. luoviin osaajiin, joiden tulisi kyetä luomaan uutta työtä ja käynnistämään uusia yrityksiä. Näitä henkilöitä tulee kuitenkin olemaan vain kourallinen, vaikka he ovatkin kriittisen tärkeitä tulevaisuudellemme. Iso joukko ihmisiä tulee olemaan tekijöitä, ns. osaavia suorittajia. Heitä palkataan tuotannollisten nousu- ja laskusuhdanteiden ja tietyn osaamistarpeen mukaan erilaisiin projekteihin ja hankkeisiin. Heidän työuransa muodostuu projekteista ja ”pätkistä”. Tietotyöläisen työtä leimaa lisääntyvä epäsäännöllisyys ja työnteon pyrähdykset (tiukoilla aikatauluilla olevat rutistukset seuraavat toinen toistaan ja työ on ”jatkuvia projekteja”). Tietty joukko nuoria hakeutuu itsekin näihin työpöyrähdyksiin. Kaikki eivät arvosta työtä enää keskeisenä elämänsisältönä, vaan työtä tehdään aina sen verran, että sen jälkeen on varaa toteuttaa muita asioita.

Toinen iso työntekijöiden joukko ovat hoivatyön tekijät ja (hoiva)palvelujen tuottajat. Siinä missä tietotyöläisten työkenttänä on koko maailma, palveluja tarvitaan paikallisesti.

Hoivatyön haasteet ovat jatkossa palvelutarpeen lisääntyminen (ikäntyvät isot ikäluokat) ja monimuotoistuminen (esim. kodin- ja lastenhoitopalveluja tarvitaan yksilökohtaisesti ja yhtä joustavasti kuin tietotyöläiset tekevät omaa työtään). Yhtenä trendinä on nähtävissä, että kunnat karsivat jatkuvasti näitä palveluja ja hoivapalvelujen tuottamisen painopiste on siirtymässä yksityiselle puolelle. Se asettaa alalle aivan uusia tuottavuus-, tehokkuus- ja osaamisvaatimuksia. Hoivapalvelujen työntekijäpula tulee lisääntymään.



Työn hallinta:asiantuntijuutta ja moniosaamista

Kymmenessä vuodessa kehittyneiden maiden tuotannossa täysmääräisesti työskentelevien väistämättä tarvitsema keskimääräinen koulutusaika tulee kasvamaan ainakin vuodella. Jatkuvasti entistä tietointensivisempien menetelmien käyttöönotto tulee entistä keskeisemmäksi edellytykseksi kilpailukykyisen tuotannon ylläpitämiseen ja tehostuvien työtoimintotarpeiden täyttämiseen. Tästä seuraa se, että koulutuksella kohotettavissa olevien mentaalisten valmiuksien tulee parantua laajalla spektrillä. Tämä on täysin ristiriidassa opintoaikojen lyhentämistarpeen kanssa.

Asiantuntijuus ja asiantuntijatyön piirteet liittyvät myös entistä enemmän kaikkiin työtehtäviin, ei vain tietotyöhön. Itsenäinen ja tiimissä tapahtuva ongelmanratkaisu, tiedon ja tietämisen hallinta ja edelleen jalostaminen, samoin tarve pitää osaamistaan ajan tasalla korostuvat joka tehtävässä. Monessa työtehtävässä korostuu myös tieteellinen ja teoreettinen puoli. Työssä vaadittava nopeus pakottaa ratkaisemaan ongelmia ennakkoon käsitteellisellä ja teoreettisella tasolla.

Tutkimuksessa ja tuotekehityksessä, joita pidetään suomalaisen työelämän vahvuuksina, korostuu kyky hallita ketju tuoteideasta tutkimuksen ja kehityksen kautta käytännön valmistusprosessiin. Täten teoreettisen ja käytännön osaamista tulisi olla kaikilla tasoilla tuotantoketjua: korkeasti koulutetuilla on oltava käytännön taitoja, ja käytännön ammattiteivoilla tulisi olla alaan liittyvää teoreettista osaamista niin, että joka kohdassa ketjua toimivat hahmottavat kokonaisuuden. Tästä osaamisesta on mahdollista saada suomalaiseen työelämään toimintamalli, joka takaa menestyksen myös korkeiden työvoimakustannusten maassa.

Asiakas on kumppani. Asiakkaan toimintaa on ymmärrettävä niin hyvin, että asiakas hyväksyy kumppaniksi. Jokaisen asiakasrajapinnassa työskentelevän on osattava asiansa ja hallittava verkostonsa niin hyvin, että pystyy luomaan sellaisen tuotteen tai palvelun, joka ratkaisee asiakkaan ongelman tai tuo parhaan lisäarvon asiakkaalle. Jokainen tilanne on siten ainutkertainen. Tämä tarkoittaa, että työn hallinnassa siirrytään toistosta tilannekohtaisuuteen ja työohjeista osaamiseen ja osaamisen tehokkaaseen hyödyntämiseen.

Työtehtävissä tarvitaan yhä enemmän moniosaamista. Ennen sähköasentaja asensi ja joku muu tarkasti. Nyt itsetarkastus kuuluu työnkuvaan. Asennuksista pitää tehdä käyttöönottotarkastusmittaukset ja -pöytäkirjat. Isoja mullistuksia kokeneella graafisella alalla toimittaja hoiti aiemmin vain kirjoittamisen. Lisäksi tarvittiin sitten latoja, kuvan käsittelijä, taittaja. Nyt toimittaja kirjoittaa, kuvaa ja taittaa juttunsa usein painokuntoon. Moniosaamisen keskeinen lisä ammatiosaamiseen on tietotekniikka ja palveluosaaminen. Ammattikoulutuksen tuottajien arvion mukaan uudet ja uusiutuvat ammatit ovat yhä enemmän perinteisten ammattien ja tietotekniikan yhdistelmiä. Ihmiset, jotka ovat saaneet koulutuksensa 1970–90-luvulla, tarvitsevat jatkossa vielä moneen kertaan uuden päivityksen osaamiseensa ja paljon uutta osaamista.

eTyö = liikkuva työ + hajautettu työ + etätyö

Tietotyöhön liittyy entistä enemmän myös verkottuminen, liikkuvuus ja mahdollisuus tehdä työtä ajasta ja paikasta riippumatta. Yksittäisiä osaajia voidaan yhdistää verkon avulla. Yksittäiset osaajat voivat osallistua oman osaamisensa myötä mistä päin maailmaa tahansa johdettuun hankkeeseen. Liikkuvuus lisääntyy.

Asiantuntijan työkenttänä on koko maailma. Isojen yritysten osaajat voivat olla eri puolilla maailmaa, mutta heidän osaamisensa pitää saattaa yhteen kulloisenkin projektin puitteissa. Esimerkiksi Kone Corporationin 27 000 henkilöstä vain 1500 on Suomessa. Tuotekehitystä johdetaan Suomesta, mutta tuotekehitysyksiköitä on kuudessa maassa. Tuotekehitystiimin kokoamisessa yhdistetään osaajia Kiinasta, Intiasta, Italiasta, Saksasta, Suomesta ja USA:sta.

Jokainen yritys haluaa ja joutuu toimimaan globaalisti ja samalla lähellä asiakasta. Silloin on toimintaa myös hajautettava globaalisti asiakkaan lähelle. Hajautettujen organisaatioiden johtamisessa, ihmisten sitouttamisessa ja ihmisten osaamisen ylläpidossa on paljon haastetta nykyisille ja tuleville organisaatioille.

Myös oman osaamisen ympärille muodostuva yrittäjäyys kasvaa projektityöskentelyn lisääntymisen myötä. Omaan osaamista "myydään" isommille yrityksille erimittaisiin hankkeisiin. Oman osaamisen eli "oman yrityksen" markkina-arvo muodostuu osaamisesta ja ammattitaidosta, jonka vaaliminen ja kehittäminen on "omistajan" eli kunkin yksilön tärkein tehtävä. Varsinaisen työnantajan on siis jokainen itse, ja asiakas on se, jolle omaa osaamista myydään (eli perinteisessä mielessä työnantaja). Tämä lisää erilaisuutta työmarkkinoilla. Tarvitaan myös monenlaisia sopimuksia ja monenlaisia tukipalveluja.

Työtä mennään tekemään sinne, missä on sopivin tilaisuus. Matkustamisen arvioidaan lisääntyvän edelleen, vaikka tietoverkot mahdollistavat yhteisen työ-

Taulukko 2. Liikkuva työ, mobiili eTyö ja hajautettu yhteistyö (% työvoimasta) EU15:ssä

	Kaikki liikkuvat työntekijät	Paljon liikkuvat	Mobiilit eTyöntekijät	Hajautettu yhteistyö
Itävalta	22,4	13,6	3,7	35,9
Belgia	25,7	12,5	2,4	37,5
Tanska	26,8	14,0	2,7	55,8
Suomi	44,5	19,7	6,2	55,5
Ranska	25,7	15,5	2,1	25,9
Saksa	31,8	16,3	5,7	45,8
Kreikka	21,5	15,2	3,5	12,6
Irelanti	30,3	19,7	4,2	37,3
Italia	24,8	14,1	5,5	35,2
Luxemburg	20,7	6,8	1,5	42,4
Hollanti	45,5	19,6	4,1	46,7
Portugali	8,4	4,3	0,3	9,3
Espanja	17,4	9,1	0,8	21,2
Ruotsi	39,8	19,4	4,9	52,3
Britannia	32,8	18,9	4,7	48,9
EU15	28,4	15,4	4,0	37,8

(Gerais et al. 2005. Base: All persons employed (N=5 901), weighted; averages weighted by EU15/NAS10 population.
Source: SIBIS 2002/2003, GPS)
Lähde: Matti Vartiainen, TKK, 2006



kentelyn maantieteellisestä sijainnista riippumatta. Esim. Euroopan lentoliikenteen arvioidaan olevan vuonna 2015 kaksi kertaa niin suurta kuin vuosituhanen alussa.

Työpaikan käsite muuttuu. Puhutaan ”työnpiiristä”. Työtä tehdään asiakkaan luona, matkalla kulkuvälineissä, hotelleissa, kahviloissa, kotona ja lähes missä vain. Kotona tehtävä etätö ei sellaisenaan ole lisääntynyt eikä ehkä lisääntynyt niin nopeasti kuin aiemmin arvioitiin, mutta yhä suurempi osa ihmisistä tekee jo nyt osan työstä kotona. Työ läikkyä kotiin. Ihmiset tekevät tyypillisesti 1–2 päivää viikossa kotoa käsin etätöitä niissä tehtävissä, joissa se on mahdollista. Neljä viidestä toimihenkilöstä tekee töitä kotona vapaaehtoisesti työpaikoilla tehtävä työn lisäksi. Mitä korkeampi koulutus ja mitä enemmän työ vaatii innovointia, sitä herkemmin työ viedään kotiin.

Lähes puolet työssä olijoista tekee työtä muuallakin kuin vain työpaikalla. Tähän kuuluvat ns. liikkuvaa työtä (mobiilia työtä), hajautettua (distributed) työtä ja itsensä työllistävää työtä tekevät ihmiset. Osuus on kasvanut vauhdilla, ja vuoteen 2015 mennessä varmasti suurin osa tietotyöntekijöistä kuuluu tähän ryhmään ja iso osa esim. hoivapalvelujen tuottajista lukeutuu liikkuvan työn tekijöihin. (Taulukko 2)

24x7x365

Globaalin tietotyön mahdollisuus ja ongelma on sen jatkuvuus. Työtä voi tehdä kellon ympäri, ja jossain päin maailmaa tapahtuu joka hetki. Esimerkiksi yritykset hyödyntävät tutkimus- ja kehitystoiminnassaan jo nyt aikaeroja ja hajallaan olevaa osaamista. Tutkitaan samaa asiaa tai saman asian eri osioita ja jaetaan tuloksia. Kun yksi tiimi lopettaa, toinen jatkaa toisella puolella maapalloa. Tutkimus- ja kehitystyö on jatkuvasti käynnissä.


Työtä ei voi johtaa eikä mitoittaa tietotyössä työajan mukaan. Perinteistä 9–17-työaikaa ei enää ole. Tämä tarkoittaa uusia haasteita työn johtamisessa. Monelle työ on niin mielenkiintoista, että omaa vastuuta ei malta lopettaa, vaan työ vie mennessään – myös kellon ympäri. Ajan mittaan on riskinä polttaa omat resurssit loppuun ennen aikojaan.

Työn johtamisessa uudet haasteet

Työorganisaatiot ja niiden johtaminen monimutkaistuvat. Jokaisessa tehtäväkokonaisuudessa tarvitaan paljon osaamista, joka muodostuu monen ihmisen ja monen organisaation osaamisesta. Tällaiset kompleksiset verkosto-organisaatiot asettavat kaikille toimijoilleen ja erityisesti johtajilleen uusia osaamishaasteita.

Yhteisiä tavoitteita on vaikea luoda verkostossa, vaan jokaisella on omat tavoitteensa. Keskeistä on jatkuva dialogi ja vuorovaikutus. Tietotyöhön on vaikea käskää ja sitä on vaikea ulkopuolelta kontrolloida, joten johtajan on kyettävä kommunikoimaan asiat niin innostavasti, että mukana olijat haluavat panostaa kaikkensa työn onnistumiseksi. Verkottunutta tietotyötä leimaa vapaaehtoisuus ja vapaaehtoinen sitoutuminen. Tärkeää on jatkuva vuorovaikutus ja tiedon jakamisen varmistaminen. Open source -periaatteen hyödyntäminen edellyttää aivan omanlaistaan johtamista. Tärkeää on toisaalta hallita kokonaisuutta, toisaalta saada erilaiset yhteisöt innostumaan kehittämistyöstä kokonaisuuden eri vaiheissa ja eri osissa.

Globaalia työtä haittaa myös aikaero, jolloin jonkun (johtajan) on pidettävä huoli siitä, että ne asiat, jotka vaativat synkronista kommunikointia ja samaan aikaan verkossa oloa, tulevat hoidettua sopivilla välineillä. Osa asioista voidaan toki hoitaa asynkronisesti eli asiat eivät vaadi samanaikaista käsittelyä eri aikavyöhykkeillä.



Virtuaalityön johtajan vallassa on valita työssä käytettävät välineet ja kommunikaation järjestäminen niin, että tiedetään, millaiset asiat vaativat synkronista kommunikointia ja mitkä voidaan hoitaa asynkronisella kommunikoinnilla. Lisäksi johtajan on pyrittävä jatkuvasti löytämään oikeaa ja täydentävää osaamista tuovia uusia jäseniä.

Tietotyön lisääntymisen myötä ihmisten henkinen stressi on lisääntynyt, mikä näkyy mm. mielialalääkkeiden käytön moninkertaistumisena viime vuosina. Kun työn tulokset riippuvat yhä enemmän ihmisten motivaatiosta, osaamisesta ja luovuudesta, on näistä asioista huolehtiminen verkostomaisessa työssä iso haaste työnjohdolle. Se on myös haaste kaikille työntekijöille, jotka yhä enemmän tarvitsevat merkitystä omalle työlleen. Merkitys katoaa helposti, kun työ on yhä pienemmissä pätkissä. On laskettu, että tyypillinen keskeytymätön tietotyön pätkä on 11 minuuttia.

Tietotekniikan nopea kehitys

Työn muutoksen ajurina on globalisaation ohella ollut nopeasti kehittynyt tietotekniikka. Se liittyy lähes kaikkiin työtehtäviin ja yhteiskunnan palveluihin. Tietotekniikka mahdollistaa uudenlaisen osallistumisen. Se tuo maailman palvelut ja globaalien tiedon jokaisen olohuoneeseen. Julkiset ja yksityiset palvelut ovat siirtymässä verkkoon. Kuluttajalla on uudenlainen valta verkon kautta vaikuttaa palveluihin ja markkinoihin. Verkossa tapahtuva tiedon jakaminen luo aivan uusia mahdollisuuksia oppia ja luoda uutta osaamista. Tietotekniikka mahdollistaa uudenlaisia tukipalveluja mm. oppimisvaikeuksien hoitamiseen. Mutta se myös luo oppimiseen aivan uusia ongelmia ja vaikeuksia. Tietoteknistyvän yhteiskunnan tehokkaan toiminnan edellytys on se, että ihmiset oppivat käyttämään ja hyödyntämään tekniikkaa ja että tekniikka kehittyy sopeutumaan ihmiseen, ei päinvastoin.

Teknistyvän yhteiskunnan vaatimukset

Yhteiskunta on nopeasti tietoteknistynyt, ja sen myötä toimintatavat muuttuvat. Viranomaispalvelut ovat siirtyneet verkkoon. Työmarkkinat ovat suurelta osin internetissä. Monet palvelut, kuten matkatoimistot, ravintolat, kauppa jne. tulevat kuluttajan luo tietoverkon kautta, ja nojatuolista voi ostaa lähes mitä tahansa. Kuluttajat tekevät isoja päätöksiä verkossa. Esimerkiksi blogien ja keskustelupalstojen kautta voidaan maan- ja maailmanlaajuisesti välittää mitä tahansa mielipiteitä ja palautteita ja vaikuttaa yleiseen mielipiteeseen. Medialla on yhä suurempi osuus ihmisten mielipiteen muodostumisessa, mikä on nähty esim. viime vaaleissa. Tietotekniikasta on tullut kansalaisten perustaito ja perustyötaito. On kuitenkin vaarana, että vielä 2015 on ihmisiä, jotka eivät hallitse edes alkeita tietotekniikan käytössä. Jotta nämä ihmiset voisivat osallistua työelämään ja teknistyvän yhteiskunnan arkipäivän toimintaan, pitäisi koko kansalle varmistaa tietotekniikan perustaidot samaan tapaan kuin aikoinaan varmistettiin lukutaito.

Oppimista tukevat ja auttavat teknologiat

Tietotekniikka tarjoaa mittavia vaihtoehtoja tuottaa, hostaa, välittää ja jakaa opetusta. Ns. verkko-opetukseen kohdistui alussa ylisuuria odotuksia. Silti tekniikan edut ovat selvät: verkko-opetus poistaa etäisyyden ja paikan merkityksen ja sopeutuu yksilölliseen oppimistahtiin. Lisäksi huippuopetuksen sisältöjä voidaan levittää minne vain.

Mobiilius liittyy myös oppimiseen. Kännykät ja kannettavat tietokoneet mahdollistavat pääsyn oppiin milloin ja missä vain, esim. matkoilla. Simulaatiot ja pelit ovat niin ikään tekniikan tuoma tapa tukea oppimista.

Tuorein kehitys liittyy oppimisen yhteisöllisyyttä tukevaan ns. jakamisen teknologiaan (Sharing Techno-



logy) ja sosiaaliseen ohjelmistoon (Social Software). Verkossa muodostuva osaajayhteisö luo yhteistä tietämystä jakamalla osaamistaan ja kokemustaan.

Jakamisen teknologioihin kuuluvat wikit, joissa käyttäjäyhteisö luo yhteiset määritykset niille asioille, joiden parissa se tietoa vaihtaa sekä blogit (web + log), jotka ovat henkilökohtaisesti ylläpidettyjä www-sivuja. Tunnetuin Wiki on Wikipedia, vapaaehtoisvoimin netissä luotu tietosanakirja, jonka englanninkielisessä versiossa oli helmikuussa 2006 jo lähes miljoona artikkelia. Blogit ovat jokaisen ihmisen mahdollisuus viestiä muille. Tavoitteena on saada mahdollisimman moni tulemaan omalle sivulle lukemaan blogia ja kommentoimaan sen sisältöä, minkä tarkoitus on kehittää blogin asiaa eteenpäin. Parhaimmillaan blogimerkinnöistä syntyy ajatuksia ja keskustelua, joka elää omaa elämäänsä laajentuen toisiin blogeihin. Blogeja on maailmassa jo noin 31 miljoonaa (maaliskuu 2006) ja niiden lukumäärä kaksinkertaistuu viidessä kuukaudessa.

Omaa kiinnostuksen kohdettaan blogissa voi täydentää myös aggregaattorien seulomilla RSS-syötteillä, jotka ovat halutun aihepiirin mukaan valittuja uutisia ja tietoviestejä media- ja uutistoimistoilta sekä muilta tiedon tuottajilta.

Jakamisen teknologia ja sosiaaliset ohjelmistot ovat jo muuttaneet nuorten tiedon luomista. Niiden avulla voidaan uutta osaamista luoda ja kehittää ratkaisevasti nopeammin kuin perinteinen opetus mahdollistaa. Vaarana on kuitenkin, että osaamista luodaan ilman riittävää teoreettista pohjatietoa ja ilman, että aiheen todellinen ymmärrys kehittyy samassa tahdissa. Myös opettajien asenteet ja rakenteiden joustamattomuus johtavat helposti uuden yhteisöllisen oppimisen eriytymiseen ns. perinteisestä ja muodollisesta oppimisesta.

Tiedon tuottamisessa ja tietämyksen luomisessa tapahtuvat muutokset


Tieto lisääntyy määrällisesti räjähdysmäisellä nopeudella. Yksityiskohtaisesta tiedon muistamisesta on jo siirrytty tiedon ja tietolähteiden hallintaan. Oppimista olisi kaikissa tehtävissä niin paljon, että yksin on vaikea enää riittävän nopeasti oppia. Siksi oppimisessa korostuu yhteisöllisyys, jossa voidaan hyödyntää kaikkien yhteisön jäsenten kokemuksia. Toisaalta tietotekniikan ja -verkkojen myötä oppimista tapahtuu kaikkialla, se ei rajoitu enää tiettyyn paikkaan tai aikaan.

Tiedon määrän kasvu

Tiedon nopea lisääntyminen ja globaalin tiedon ulottuminen jokaiselle korostavat ymmärtämisen merkitystä. Osaaminen on silloin prosessi, ei staattinen tila. Keskeisiä taitoja ovat silloin oleellisen tiedon löytäminen, tiedon merkitysten ymmärtäminen, kokonaisuuk-sien hahmottaminen ja erilaisten tiedon lähteiden tunteminen. "Valmiin" tiedon muistamisen sijasta keskeiseksi muodostuu oppimisen ja tiedonhallinnan taito. Asiantuntijuudessa korostuu entistä enemmän alan verkostojen ja tiedon lähteiden hallinta, oman alan intuitiivisten trendien haistaminen ja tiedon syntymekanismien tunteminen alalla. Kun tilanteet muuttuvat ja tieto vanhenee nopeasti, on jokainen päätöksenteko- tai oppimistilanne ainutlaatuinen. Tämä merkitsee myös teoreettisen tiedon ja ajattelun korostumista kaikessa tekemisessä.

Teknistyvän toimintaympäristön hallittavuus

Työ- ja toimintaympäristön teknistymisestä seuraava kompleksisuuden lisääntyminen johtaa siihen, että yhä pienempi osa väestöstä kykenee täysmääräisesti osallistumaan työelämäänsä. Teknologioita tulisi kehittää niin, että ne adaptoituvat nykyistä paremmin ihmisten usein varsin yksilölliseen tapaan hyödyntää



järjestelmiä. Monimutkaistuvan teknisen ympäristön haasteisiin voisi vastata pyrkimällä myös tietoisesti kehittämään ”riisutumpaa” teknistä ympäristöä, jolloin suurempi osa ihmisistä voisi sitä hallita.

Tietoteknologiaa kehitettäessä on tärkeätä tukea inhimillisen oppimisen ja tekoälytutkimukseen liittyvien itseohjautuvien/oppivien teknologioiden tutkimuksen vuorovaikutusta.

Oppimisen yhteisöllisyyden tukeminen

Oppimisen tarve on niin suuri, että sitä on vaikea enää yksin hallita. Oppiminen on yhä enemmän yhteisöllinen prosessi, jossa erilaista osaamista yhdistetään, erilaisia kokemuksia jaetaan ja niistä opitaan. Edellä on kuvattu jo sosiaalisia ohjelmistoja. Niiden soveltaminen muidenkin kansalaisten kuin nykyisen nuoren ”nörttipolven” osaamisen luomisessa on iso oppimishaaste. Kuitenkin olisi muistettava, että minkä tahansa tiedon nopea omaksuminen on mahdollista vain silloin, kun oppijan oma osaaminen on vakaata, laaja-alaista ja syvällistä. Oppimisen hallinta tulee vankasti rakentaa laaja-alaisella yleissivistyksellä.

Oppimisen kohteiden monitahoistuminen

Asioiden keskinäinen riippuvuus lisääntyy koko ajan. Malleihin ja eri tieteenalojen tietoa integroivaan teoriaan perustuvan oppimisen ja tiedonmuodostuksen merkitys kasvaa samalla kun tutkimuksen ja käytännön vuorovaikutus voimistuu ja ”käytäntö” kehitty entistä teoriasidonnaisemmaksi. Monitieteinen tutkimus ja koulutus ovat välttämätön suunta, jotta löydetään uusia asioita, mutta monitieteellisyyttä ei voi olla ilman tieteenaloja. Uhkana on ”omistajuuden” epäselvyys sekä tieteenalakohtaisen osaamisen jääminen pinnalliseksi. Ongelmaksi muodostuukin se, miten varmistetaan että samaan aikaan on sekä syvällistä huipputiedettä että monitieteellistä sovellusta.

Oppimisen kaikkiallisuus

Oppimista tapahtuu kaikkialla ja koko ajan. Se ei rajoitu enää kouluun. Oppimisen kaikkiallisuuden (ubiki-teetti) hyödyntäminen edellyttää, että opitaan arvioimaan itse oppimista, ei tiedon muistamista. Oppimisen tavoitteet korostuvat, oppimistavat eivät enää ole niin ratkaisevia.

Aivojen kuormitus jatkuvassa tietotulvassa

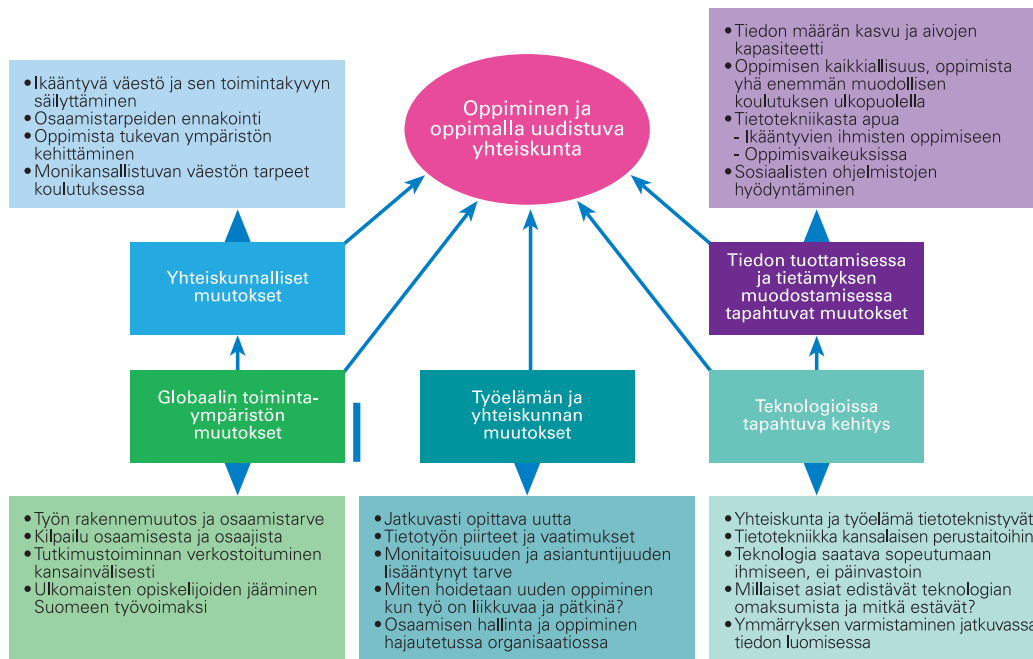
Tietämys ihmisten älyllisen ja psyykkisen suorituskyvyn vaihtelusta ja iän ja terveyskäyttäytymisen vaikutuksista lisääntyy jatkuvasti. Hyvin paljon toimintoja kehitetään inhimillisen ja keinoälyn (jolla tässä tarkoitetaan erilaisia informaatioteknologian sovelluksia) rajapintaan ja uudet viestintäteknologiat (tele-konferenssit, etäläsnäolo etc.) muuttavat sosiaalista vuorovaikutusta. Kiire ja ajan hallitsemattomuus ovat länsimaiden epidemia. Ympäristön informaatiomäärä ja ärsykeisyyden yleinen kasvu johtavat todennäköisesti siihen, että otsalohkofunktioihin liittyvät toimintahäiriöt (mm. tarkkaavuushäiriöt) lisääntyvät. Oppimishäiriöiden aiheuttamaa haittaa keinoäly-ympäristössä ei tunneta riittävän hyvin, ei myöskään ikääntymisen aiheuttamia ongelmia.

Tehokkuusvaatimus myös oppimisessa on nostanut esiin esim. USA:ssa, Kanadassa ja Englannissa ”oppimisdopingin”. Koululaiset ja opiskelijat käyttävät vanhusten muistihäiriöihin (”smart pills”, ampakiineja) ja toisaalta ADHD-tarkkavaisuushäiriöihin tarkoitettuja lääkkeitä (Modafiniili, Ritalin) kyetäkseen opiskelemaan tehokkaammin ja nopeammin. Positiivisia oppimistuloksia on saatu mm. SAT-testeissä oppimisen dopingin avulla. Kemikaalien käytön vaikutuksia oppimisen tukemisessa ei ole kuitenkin tutkittu pitkällä aikavälillä. Ennen kuin suomalaisiin oppilaitoksiin leviää vastaava käytäntö, olisi hyvä selvittää näiden lääkkeiden väärän käytön seurannaisvaikutuksia.



Yhteenveto muutosten luomista haasteista

Kuvassa 2 on esitetty yhteenvetona oppimiseen vaikuttavien muutostekijöiden luomat haasteet oppimiselle.



Kuva 2. Muutostekijät ja niiden luomat oppimishaasteet

Osaamisalueet

Osaamisalueiden valinta ja kuvaus perustuvat edellä esitetyille muutostekijöille. Muutokset vaikuttavat yksilön oppimiseen, oppimisen kohteisiin, määrään, laatuun ja resursseihin, sekä organisaatioiden oppimiseen. Perusta on yksilöiden oppimisessa ja kyvyssä käsitellä yhä lisääntyvää tietomäärää. Tämä edellyttää tietoa ihmisestä ja ihmisen omasta "tietokoneesta"

aivoista, ihmisen psyykestä ja motivaatiosta sekä biologiasta. Ihmisen oppimiseen eli toiminnan ja/tai ajattelun muuttumiseen vaikuttavien tekijöiden entistä parempi tunteminen auttaa ymmärtämään, miten oppivan yhteiskunnan perusyksikkö oppii.

Oppivat ja osaavat yksilöt eivät riitä, vaan myös yhteisöjen on opittava ja uusiuduttava pysyäkseen kilpailukykyisinä. Yhteisöt voivat olla ryhmiä, yrityksiä, virastoja, kouluja, muita organisaatioita, verkostoja, alueita, kaupunkeja, valtioita tai kansakuntia. Yhteisöt

oppivat oppivien jäsentensä avulla, mikäli näiden jäsenten osaaminen voidaan yhdistää sopivissa prosesseissa ja muuttaa toiminnaksi. Yhteisöissä tulee olla yhteistyötä ja yhteistä tiedon muodostusta tukevia prosesseja ja toimintatapoja. Yhteisöllä tulee olla myös sopivia kumppaneita ja verkostoja, joiden avulla se ylläpitää ja täydentää omaa osaamistaan.

Teknologia ja erityisesti tietotekniikka vaikuttavat sekä yksilön että yhteisön oppimiseen kaikkein eniten. Tekniikka tarjoaa yksilön oppimiseen uusia välineitä ja mahdollisuuksia mm. oppimisvaikeuksien helpottamisessa. Tietoliikenneyhteydet ja tietoverkot tuovat kaiken mahdollisen tiedon ihmisen ulottuville, samoin muut kanssaoppijat. Ne mahdollistavat oppimisen kaikkialla. Tietotekniikka tarjoaa organisaation oppimiselle työkalut monenlaisiin tiedonluomisprosesseihin. Tietoverkkojen ja niissä toimivien sosiaalisten ohjelmistojen avulla voidaan kiinteässä ja hajautuneessa organisaatiossa yhdistää osaajia, jakaa tietoa, kehittää yhdessä uutta osaamista ja yhdistää eri puolilla olevaa tietoa ja tietämystä.

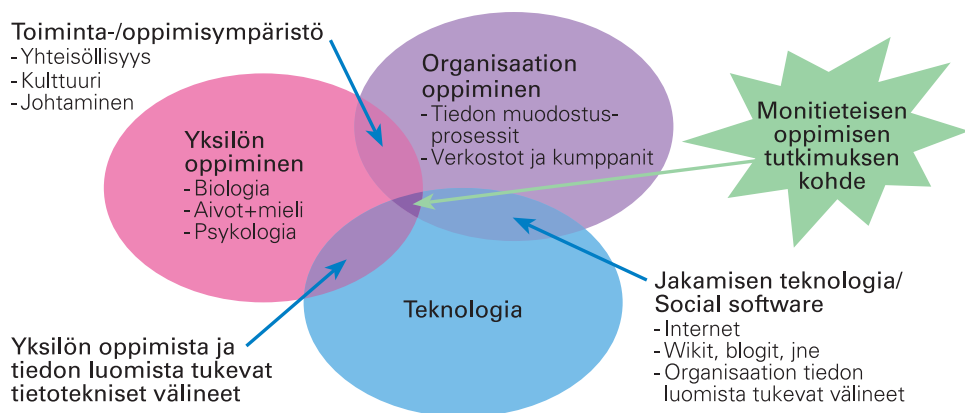
Jotta oppivat yksilöt voisivat ja haluaisivat jakaa osaamistaan ja toimia yhteistyössä tarvitaan sopiva

toiminta- ja/tai oppimisympäristö. Se ohjaa yksilöiden oppimisen suuntaa määrittämällä osaamistarpeita. Toiminta- ja/tai oppimisympäristön tulee tarjota tunne yhteisöön kuulumisesta, avoin ilmapiiri ja kannustava kulttuuri, jotta ihmiset ovat valmiita jakamaan osaamisensa ja tietonsa. Tätä yhteistyötä ja jakamista tulee myös johtaa (johtaja, opettaja jne.), jotta yhteisö oppii ”oikeaan suuntaan”. Organisaation oppiminen vasta luo uutta toimintaa, uusia tuotteita ja palveluita eli tuo kilpailukyvyyn ja hyvinvoinnin.

Tämän raportin keskeinen kohde on näiden alueiden yhtymäkohta. (Kuva 3)

Matkalla kohti oppivaa ja oppimalla uudistuvaa yhteiskuntaa tarvitaan erityisesti tietoa kuvan 3 mukaisesta tutkimusalueesta, jossa yhdistyvät yksilö, organisaatio ja teknologia. Niitä on tähän asti useimmiten tutkittu kutakin erikseen. Olisi tärkeää alkaa tutkia näitä alueita yhdessä, monenlaisten asiantuntijoiden yhteistyönä.

Oppimistutkimuksen monitieteisyyden tarve on jo tiedostettu, ja tätä varten on perustettu CICERO Learning – oppimisen tutkimisen verkosto. Sitä koordinoi tällä hetkellä Helsingin yliopisto. Mukana on eri yli-



Kuva 3. Monitieteisen oppimisen tutkimuksen kohde (tämän raportin kohde)

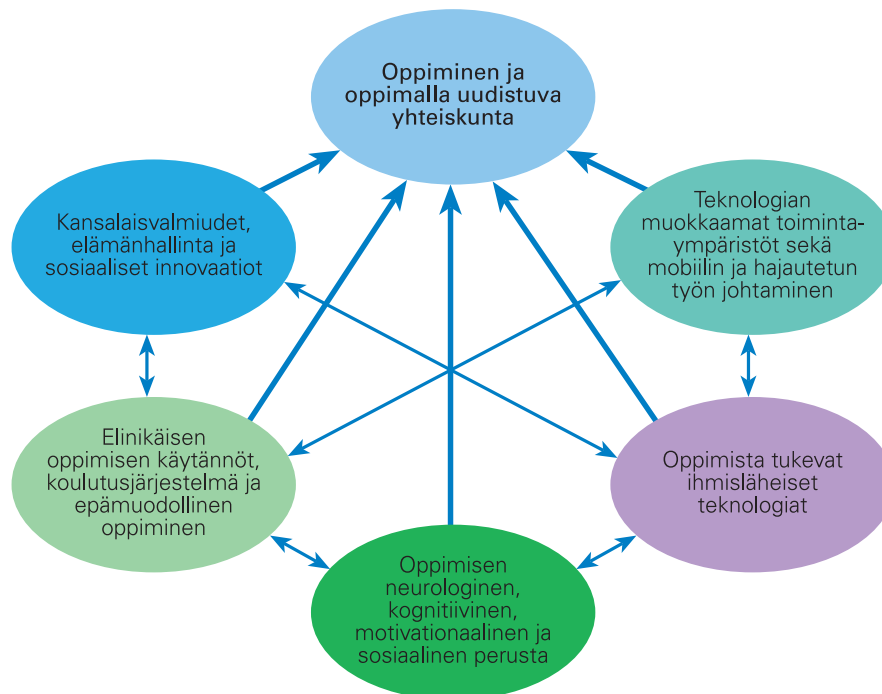


opistojen oppimisen tutkijoita, jotka edustavat eri tietealoja ja eri näkökulmia oppimiseen. CICERO:n tavoitteena on luoda yliopistoverkostona toimiva oppimisen tutkimuksen huippuyksikkö, joka toimii yhteistyössä maailman johtavien yliopistojen ja tutkijoiden kanssa. Se tukee tutkijoiden verkottumista ja tarjoaa foorumin, jossa uutta tietoa jaetaan ja uusia tietotarpeita luodaan. CICERO myös hankkii rahoitusta tutkimushankkeille. CICERO ei rajaa toimintaa vain akateemiseen tutkijamaailmaan, vaan sen yksi tehtävä on lisätä ja ylläpitää vuorovaikutusta elinkeino- ja työelämän kanssa. Tällä halutaan toisaalta nopeuttaa uusien tutkimustarpeiden tunnistamista, toisaalta tarjota uutta tutkimustietoa käytäntöön ja näin parantaa Suomen elinkeinoelämän kilpailukykyä.


Seuraavassa oppimisen keskeisiä osaamisalueita tarkastellaan kuvan 4 mukaan. Valitut osaamisalueet on ryhmitelty viiteen pääryhmään, jotka ovat

1. Oppimisen neurologinen, kognitiivinen, motivationaalinen ja sosiaalinen perusta
2. Oppimista tukevat ihmisläheiset teknologiat
3. Teknologian muokkaamat toimintaympäristöt sekä mobiiliin ja hajautetun työn johtaminen
4. Elinikäisen oppimisen käytännöt, koulutusjärjestelmä ja epämuodollinen oppiminen
5. Kansalaisvalmiudet, elämän hallinta ja sosiaaliset innovaatiot.

Myöskään kuvan 4 osaamisalueet eivät ole irrallisia tutkimusalueita, vaan osaamisalueet ovat keskenään



Kuva 4. Oppimista ja oppimalla uudistuvaa yhteiskuntaa tukeva osaamisalueiden kartta



riippuvaisia. Yhdellä alueella tehty tutkimus vaikuttaa suoraan useaan muuhun alueeseen. Mutta osaamisalueen fokus vaihtelee kuvan 4 mukaisten pääotsikoiden mukaan.

Kutakin osaamisalueesta on tarkennettu kuvaus, jossa on osaamisalueen keskeiset alaosaamisalueet, osaamisalueen tärkeyden perustelut sekä suosituksia toimenpiteiksi.

Oppimisen neurologisen, kognitiivinen, motivationaalinen ja sosiaalinen perusta

Oppimisen neurokognitiiviset perusmekanismit

Aivojen tiedonkäsittelyn perusmekanismit tunnetaan jo kohtalaisen hyvin, samoin tunnetaan iän vaikutuksia näihin prosesseihin. Oppimishäiriöiden ilmentymiä ja niiden taustalla olevia aivotason mekanismeja on Suomessa tutkittu ansiokkaasti. Tätä tietoa voidaan jo käyttää oppimisvaikeuksien diagnostisoinnissa ja erityispedagogisten toimenpiteiden suunnittelussa.

Toistaiseksi aivotutkimuksen tuottama tieto on rajoittunut melko yksinkertaisiin perusmekanismeihin ja tämän tiedon hyödynnettävyys monimutkaisten tietojen ja taitojen oppimisen tukemisessa on ollut rajoitettua. Tilanne on kuitenkin muuttumassa uusien aivotutkimusten menetelmien myötä. Tämä on avannut mahdollisuuksia uudentalaiselle monitieteiselle tutkimukselle, jossa aivotutkimuksen menetelmät yhdistetään kompleksisen oppimisen kokeelliseen kognitiiviseen tutkimukseen. Optimaalisten elinikäisen oppimisympäristöjen luomiseksi tarvitaan monitieteistä neurokognitiivista tutkimusta, joka tutkii kompleksisia, dynaamisia (jatkuvasti muutoksessa olevia) ihmisaivojen älyllisiä (eli tiedonkäsittelyyn liittyviä) prosesseja ja niiden kehittymistä. Tutkimushaasteita liittyy mm. abstraktin ajattelun, ns. hiljaisen tiedon ja intuition sekä jaetun tietämyksen osa-alueisiin.

Tiedollisten kokonaisuuksien ja kompleksisten ilmiöiden hallinta

Oppimalla uudistuva yhteiskunta on monimuotoinen informaatioympäristö. Ihmisten on paitsi omaksuttava perusvalmiudet (mm. tekniikka) toimia tässä ympäristössä, myös opittava taitoja, jotka liittyvät oikean tiedon valintaan informaatiosta, tiedon merkityksen ymmärtämiseen ja uuden tiedon tuottamiseen. Luova oppiminen edellyttää informaation uudelleen jäsentämistä ja informaation välisten riippuvuuksien ymmärtämistä – luovaa ongelmanratkaisua. Vuorovaikutus ympäristön ja sosiaalisen yhteisön kanssa on tässä tärkeää. Lisäksi on kyettävä hyödyntämään uusia tietoteknisiä apuvälineitä uuden omaksumisen tukena ja ymmärrettävä järjestelmien vaikutukset esimerkiksi viestintään ja tiedon siirtoon. Sosiaaliset vuorovaikutustaidot ovat edelleen tärkeitä, ja oppimisympäristössä on turvattava yhteisöllisyys, vaikka se tapahtuisikin esimerkiksi ajasta ja paikasta riippumattomasti tietotekniikan avulla (esim. globaaleja www-mahdollisuuksia hyödyntäen).

Tiedon jäsentämisen mallit ovat nousseet erityisen huomion kohteeksi nopeasti lisääntyvän informaation aikakaudella. Teknologia avaa uusia mahdollisuuksia saada nopeasti informaatiota. Tietoverkkojen ja hakukoneiden kautta ihmisen tiedonkäsittelylle syntyy aivan uudenlaisia haasteita. Viimeaikainen eksperttityt tutkimus on osoittanut, että systemaattisen kokemuksen ja harjaannuttamisen kautta ihmisen kognitiiviset toiminnot voivat ylittää perinteisesti muuttumattomina pidettyjä ennakkoehtoja. Voiko tällaisessa informaation nopeaan saatavuuteen perustuvassa ympäristössä toimiva ihminen kehittää uusia eksperttityden muotoja, jotka ylittävät tavanomaisen ”hitaan”, aikaisemman tiedon perusteella tapahtuvan tulkinnan ja merkityksellisen kontekstiin liittämisen prosessin? On myös olennaista selvittää, millaisia pidemmän aikavälin seuraamuksia mahdollisilla nopeutuneilla ja



enemmän ulkoisiin informaation lähteisiin tukeutuvilla tiedon käsittelyn prosesseilla voi olla tiedon käyttökel-
poisuudelle, säilyvyydelle ja maailmankuvan eheydel-
le. Tämä on kriittinen osaamisalue, joka vaikuttaa op-
pimiseen, olennaisen erottamiseen epäolennaisesta
ja sitä kautta osaamisen hyödyntämiseen. Kaikki
tarvitsevat tätä osaamista, joskin eri tasoilla. Kysy-
myksessä on haastava monitieteinen tutkimusongel-
ma, joka edellyttää kognitiivisen näkökulman lisäksi
tiedon sosiologian ja filosofian panosta.

Korkeatasoisen oppimisen kognitiiviset, sosiaaliset ja motivationaaliset ehdot

Uudet oivallukset ovat välttämättömiä. Nopeus ratkai-
see kilpailukyvyn. Tarvitaan osaamista, jolla tunniste-
taan muutosta edellyttäviä heikkoja signaaleja. Oppi-
misen prosesseihin liittyy kuitenkin rakenteellinen
konservatiivisuus; uudet oppimisen kohteena olevat
asiat havaitaan ja tulkitaan olemassa olevan tiedon pe-
rusteella siten, että ihmisellä on voimakas tendenssi
keskittyä jo tunnettuihin ilmiöihin ja vain täydentää ja
rikastaa aikaisempia tiedon rakenteitaan. Mekanismi
pyrkii välttämään perusteellisempää lähtökohtien
uudistamista.

Tieto yksilöllisestä ja yhteisöllisestä käsitteellisen
muutoksen ongelmasta on olennaista kehitettäessä
malleja eritasoisten muutosten (spesifit työprosessit,
välineet, organisaatiot, yhteiskunnalliset käytännöt)
proaktiiviseen hallintaan. Tällä hetkellä monet uudis-
tukset johtavat vain näennäisiin muutoksiin, koska toi-
mijat ovat omaksuneet vain pinnalliset käytännöt,
mutta taustalla oleva ajattelutapa on säilynyt ennal-
laan. Tietoa tarvitaan institutionaalisessa koulutukses-
sa, työorganisaatioiden kehittämisessä ja yhteiskun-
nallisten uudistusprosessien suunnittelussa.

Jo tällä hetkellä näköpiirissä on uudenlaisia tiede-
opetuksen käytäntöjä ja välineitä, jotka systemaatti-
sesti tukevat syvällisempää käsitteellistä muutosta.


Sen sijaan epämääräisempiin ja kaikille uusiin toimin-
tamalleihin liittyvät käsitteellisen muutoksen ongel-
mat edellyttävät uudenlaista tietoa, ennen kuin tätä
tutkimustietoa voidaan soveltaa vaikkapa kehittämäs-
sä olevien hajautetun työn edellyttämien ajattelutapo-
jen oppimiseen.

Ajattelutapojen ja käsitysten muuttaminen ja näin
ympäristön nopeaan muutokseen vastaaminen on
myös vahvasti motivationaalinen ja emotionaalinen
kysymys. Motivaatio on keskeinen oppimisen prosese-
siin, suuntautumiseen ja laatuun vaikuttava tekijä.
Sitä on perinteisesti tutkittu kasvatustieteen, psykolo-
gian ja sosiologian näkökulmista. Motivaation tutki-
mus on viimeaikoina noussut esiin myös liiketalous-
tieteessä, filosofiassa ja neurotieteissä. Yksityiskoh-
taisempi ymmärrys siitä, miten motivaatio on osallise-
na oppimisen prosesseissa, on vielä kovin puutteellista.
Valtaosa motivaatioteorioista sitoutuu vahvasti pe-
rinteisiin oppimis-, työskentely- ja suoritussympäristöi-
hin, eivätkä ne aina toimi uusissa nopeasti muuttuvis-
sa, teknologiaperustaisissa ja hajautetuissa ympäris-
töissä.

Aiempaa parempi motivationaalisten tekijöiden
ymmärtäminen luo perustaa työn organisoimiseen ja joh-
tamiseen käytännöille sekä palkitsemisjärjestelmille.
Edellytyksenä sovelluksille on tutkimuksen menetel-
mien ja lähestymistapojen kehittäminen paremmin
uusien toimintaympäristöjen olosuhteet huomioon
ottaviksi.

Oppiminen ja sen tukeminen läpi elämän

Ihminen oppii jatkuvasti ja kaikkialla vuorovaikutukses-
sa ympäristönsä kanssa. Monitieteinen kognitiotutki-
mus on tuottanut tietoa ihmisen kyvystä oppia ja sii-
hen vaikuttavista tekijöistä lapsuudesta vanhuuteen.
Aikuisopetuksen näkökulmasta voidaan hyödyntää
tutkimuksen tuottamaa tietoa ikääntymisen vaikutuk-



sista kognitiivisiin prosesseihin, muistiin ja oppimiseen.

Ihmisen ikääntyessä keskeistä on työmuistin häiriöherkkyyden lisääntyminen, jolloin ihmisen edellytykset operatiivisesti käsitellä tietoa voivat vaarantua esimerkiksi informaatiokuormituksen kasvaessa. Toisaalta säilömuistiin kertynyt tieto, taito ja kokemukset ovat hyödynnettävissä uudessa oppimistilanteessa, mutta voivat omalta osaltaan vaikeuttaa esimerkiksi vanhasta toimintatavasta poisoppimista. Nuorien kohdalla oppimisen haasteet liittyvät – ei niinkään siihen, kuinka paljon nippelitietoa työmuisti kykenee käsittelemään – vaan enemmän siihen, miten ihminen oppii hahmottamaan laajoja tiedollisia asiakokonaisuuksia.

Tavoitteena tulisi olla sellaisten oppimisympäristöjen kehittyminen, joissa ihminen ei opi vain mekaanisesti tiettyjä toimintamalleja, vaan on aktiivinen oppija, joka oppiessaan myös löytää opituille taidoille tai omaksutulle tiedolle uusia sovelluskohteita. Käikentikäisten kohdalla on kuitenkin kiinnitettävä huomiota siihen, että ihmiset oppivat aivojen toiminnan kannalta ”taloudellisen” tavan käsitellä tietoa ja että oppimisympäristöt tukevat asiakokonaisuuksien hallintaa ja luovaa ongelmanratkaisua – uuden tiedon tuottamisen edellytyksiä. Kaikkien ihmisten kohdalla aivo-fysiologiset muutokset, jotka liittyvät ikääntymiseen, johtavat vähitellen työmuistin häiriöherkkyyden lisääntymiseen. Tästä syntyy ongelmia myös oppimiseen, jos se on jäänyt mekaanisen ulkoa oppimisen tasolle eikä ihmiselle ole kehittynyt taitoja esimerkiksi uuden tiedon hankkimiseksi.

Millä eri tavoilla ihminen hyödyntää aiemmin opitua (hiljaista tietoa) oppimisessaan uutta ja miten esimerkiksi ihmisen ikä, motivaatiot, temperamentti- piirteet ja itsetunto oppijana vaikuttavat luovaan oppimiseen? Kysymys on monikerroksisesta ja -säikeisestä kokonaisuudesta, johon vaikuttavat niin geneettinen perimä, kehityspsykologia, aivojen biologiset reunaeh-

dot psykodynamiikkaan, aivojen terveyteen ja sairauksiin kuin ympäristöön liittyvät tekijätkin.

Oppiminen on yksilöllinen ja yhteisöllinen prosessi, ja siihen vaikuttavat myös ympäristön arvoihin ja tarpeisiin liittyvät kysymykset. Esimerkiksi yhteiskunnassa tehtävät sosiaali- ja terveystaloudelliset ratkaisut vaikuttavat myös siihen, mitkä ovat yhteiskunnan edellytykset tukea elämäntilanteesta oppimista. Ratkaisut siitä, minkä ikäisen väestön terveydenhuoltoon yhteiskunnan voimavaroja suunnataan, vaikuttavat siihen, kuinka terve ja oppimiskykyinen on ikääntyvä väestömme.

Teknologia ihmisen fyysisen ja kognitiivisen toimintakyvyn jatkeena

Jo varhaisesta kehityksestään lähtien ihmiskunta on laajentanut omaa toimintakykyään ulkoisilla välineillä. Vähitellen välineistä on tullut niin luonnollisia toimintojen osia, että ne ovat kuin osa toimivaa ihmistä. Tietotekniikan kehittyessä ihminen sai merkittävän apuvälineen älylliselle toiminnalleen. Monien monimutkaisten toimintojen ymmärtämisessä ei ole enää mahdollista analysoida erikseen ihmisen ja hänen käyttämänsä teknologian toimintaa, vaan ilmiöiden ymmärtäminen edellyttää ihmistoimijoiden ja ”älykkään” teknologian muodostaman kokonaisuuden tarkastelua. Inhimillisen ja keinoälyn tutkimuksen vuorovaikutus tulee olemaan tulevaisuudessa tärkeää.

Tieteen ja teknologian kehitys on etenemässä kohti uutta radikaalin evoluution vaihetta, jonka taustalla ovat eri alojen väliset synergiat. Lähes kaikkien epäorgaanisessa ja orgaanisessa luonnossa esiintyvien ilmiöiden juuret löytyvät nanomittakaavassa tapahtuvista prosesseista. Niiden ymmärtäminen avaa uusia mahdollisuuksia bioteknologian, genetiikan ja lääketieteen piirissä tapahtuvalle edistykselle, ja informaatiotekniikka voi ylittää nanoteknologian avulla nykyisen mikroprosessoritekniikan asettamat rajat. Informaa-



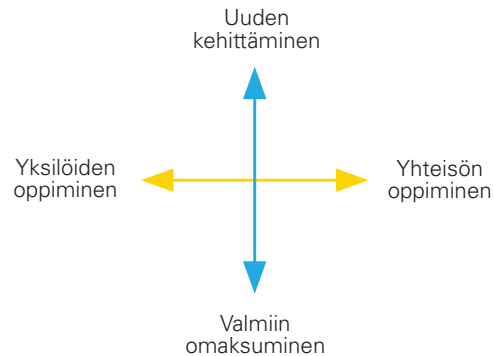
tionkäsittelykapasiteetin kasvu raivaa tietä robotiikalle, keinoälytutkimukselle ja suurten kompleksisten järjestelmien hallinnalle. Tätä täydentävät kognitiotieteiden piirissä saavutettavat edistysaskelet.

Tämän kehityksen seurauksena avautuu laadullisesti aivan uudenlaisia mahdollisuuksia laajentaa oppimista ja toimintakykyä ihmisen ja teknisten laitteiden muodostaman kokonaisuuden kautta. Tämä on alue, joka edellyttää systemaattisen monitieteistä perustutkimusta ilmiön luonteesta, mahdollisuuksista ja mahdollisista ei-toivotuista oheisvaikutuksista.

Ihmisen oppiminen yhteisöllisenä ja kulttuurisena prosessina

Oppiminen voidaan ymmärtää inhimillisten toimintojen kannalta merkittävien yleistysten muodostamiseksi. Se käsittää yhtäältä yhteisöjen tasolla tapahtuvan oppimisen, jonka tulokset kiteytyvät käsitteisiin, välineisiin (laajasti ymmärrettynä), toimintakäytäntöihin jne. Nämä oppimisen prosessit ovat yhteisöllisiä ja hajautettuja. Työelämässä kysymys on usein erityisistä työnjakoon, erityisiin välineisiin ja vakiintuneisiin yhteistyömuotoihin perustuvista oppimisjärjestelmistä. Yhteisöllisen ja kulttuurisen oppimisen tuloksena kiteytetty tieto on kuitenkin luonteeltaan vain potentiaalista tietoa. Se muuttuu käytännön tiedoksi vain, kun on olemassa yksilöitä, jotka osaavat tulkita merkkejä ja tekstejä ja käyttää välineitä tarkoitettulla tavalla.

Yksilöllisen oppimisen tulokset säilyvät yksilön kehossa tottumuksina jne. Ne syntyvät paljolti abduktiivisesti kokeilemalla kulttuurin tarjoamia välineitä ongelmien ratkaisemiseen ja muokkaamalla niitä. Sekä yksilöllisessä että yhteisöllisessä oppimisessä on siksi aina samanaikaisesti sekä uuden luomista että olemassa olevan omaksumista.



Kuva 5. Oppiminen yhteisöllisenä ja kulttuurisena prosessina.

Yksilöiden kognitiiviset prosessit ja oppiminen niiden mukana mukautuvat käytettävissä olevan ulkoisen, erilaisin symbolisin teknologioin toteutetun muistin ja tietovaraston käyttöön ja ominaisuuksiin. Moderni tietotekniikka muuttaa kognitiivisia prosesseja muuttamalla näitä ulkoisia kognitiivisia resursseja. Tieto- ja viestintäteknikka muuttaa olennaisesti näiden oppimisen osa-alueiden välisiä suhteita. Lyhyesti voisi sanoa, että kollektiivisen oppimisen ja uuden kehittämisen suhteellinen merkitys korostuu entisestään. Tätä kuvaa hyvin seuraava esimerkki:

Shougi on japanissa hyvin suosittu, shakin tapainen strategiapeli. Aikaisemmin kansalliset shougi-kilpailut voitti aina hyvin pitkään peliä harrastanut, yksinäinen vanha mestari. Tietotekniikan yleistyttyä mestareiksi ovat kuitenkin toistuvasti nousseet nuoret shougi-kerhojen edustajat. Nämä kokoavat kerhossa tietokantaan kaikki pelatut shougi-pelit, analysoivat niissä käytetyt strategiat ja kehittävät uusia strategioita ja vastastrategioita tietokoneohjelmien avulla. Pelistrategiat kehittyvät aikaisempaa nopeammin.

Diagnostiset innovaatiot

Ihmisen eräänä piirteenä voidaan pitää hermoston plastisiteettia, kykyä kehittyä ja muotoutua myös erityistapauksissa. Plastisiteetin hyödyntäminen edellyttää diagnostisia innovaatioita, joilla kehitetään aiempaa parempia mahdollisuuksia tunnistaa erilaisia kuntoutusta tai erityistoimenpiteitä edellyttäviä ryhmiä. Tutkimuksen alueina ovat silloin genetiikka, neurologia, psykiatria ja erityispedagogiikka.

Kaikkien ihmisten kehitysmahdollisuuksien varmistamiseksi on tärkeää kyetä tunnistamaan sellaisia erityisryhmiä, joiden hoitoon ja kuntoutukseen on olemassa tutkittuja ja näyttöön perustuvia keinoja. Tietoa tarvitsevat lastenneuvolajärjestelmä, lapsuuden instituutiot (päivähoito, koulu, lasten ja nuorten sairaalat), kuntoutusjärjestelmä ja sairastakuutusjärjestelmä.

Aivan viime aikoina on saatu spesifiä tieteellistä näyttöä geneettisten tekijöiden liittymisestä eräisiin keskeisiin oppimisen vaikeuksiin. Tarvitaan entistä parempia menetelmiä oppimisen vaikeuksien ja esteiden tutkimiseen, jossa seurataan isoilla aineistoilla pitkäaikaisesti laajasti tutkittuja ryhmiä. Voidaan esimerkiksi tutkia tiettyjä ryhmiä huolellisesti psykologis-pedagogisilla mittareilla, yhdistää se geneettiseen seulontaan ja lisätä joukkoon aivokuvantamismenetelmiä.

Oppimisen tehostamiseen liittyvät eettiset kysymykset

On myös pohdittava oppimiseen liittyviä eettisiä kysymyksiä. Missä määrin yhteiskunta voi toimenpiteillään vaikuttaa ihmisten oppimiseen? Mitkä ovat taidolliset ja tiedolliset tavoitteet, sallitaanko yksilöllisyys ja oppimisprofiilin monimuotoisuus?

Millä toimenpiteillä tuetaan oppimista ja minkälaisia oppimista tehostavia menetelmiä yhteiskunnassa sallitaan? Aivojen plastisiteetti, jousto- ja adaptaatiokyky, luo edellytykset sille, että ihminen kykenee varsinkin

pitkälle sopeutumaan erilaisiin ympäristöihin. Tieto aivojen biologiasta ja neurokemiallisesta toiminnasta on jatkuvasti lisääntynyt. Näin on myös syntynyt tarjontaa erilaisista kemiallisista aineista, joilla esimerkiksi aivojen fysiologista suorituskykyä voidaan ohimenevästi tehostaa (mm. erilaiset piristeet). Esimerkiksi ADHD-oireyhtymän hoitoon kehitettyä lääkettä (Ritalin) käytetään yleisesti yliopistotasollakin keskittymiskyvyn parantamiseen. Osa ihmisistä pyrkii kemiallisin keinoin parantamaan jaksamistaan esimerkiksi levon kustannuksella, vakavista sivuvaikutuksista huolimatta.

Globaalit markkinat johtavat siihen, että eri yhteiskunnat tekevät erilaisia ratkaisuja sen osalta, missä määrin markkinoita syntyy aivojen tai oppimisen kemialliselle manipulaatio-liiketoiminnalle. Useat aivojen välittäjäaineisiin vaikuttavat kemialliset aineet voivat ohimenevästi parantaa ihmisen kykyä valvoa, ja näin ne näennäisesti lisäävät "tehokasta oppimisaikaa". Ne muodostavat kuitenkin terveysriskin, koska aivojen välittäjäaineiden toiminnan muutos johtaa vääräämättä erilaisiin riippuvuusongelmiin ja eriasteisiin otosalohkofunktioiden häiriötiloihin. Nämä näkyvät esimerkiksi lisääntyneenä aggressiivisuutena, käyttäjähäiriönä tai apaattisuutena. Näin tehokkuusajattelu, joka sallii piristeiden käytön, voi lisätä yksilöiden sairastavuutta psykoosiin ja vaikeisiin neuropsykiatrisiin sairauksiin. Voi syntyä "oppimis-doping"-ongelma.

Lisääntyvä spesifi tieto geneettisten tekijöiden liittymisestä oppimisvaikeuksiin voi myös johtaa sellaisiin yhteiskunnallisiin toimintamalleihin, jotka ovat eettisesti ongelmallisia. Kenellä on oikeus saada käyttöönsä tällaista yksilöä koskevaa geneettistä informaatiota, ja millaisissa tilanteissa sitä saadaan käyttää?

Oppimisen edistämiseen ja tehostamiseen liittyvien tutkimushankkeiden rinnalla tarvitaan myös terveydellistä, yhteiskunnallista ja eettistä tutkimusta



erilaisiin toimenpiteisiin mahdollisesti liittyvistä ei-toivotuista seurauksista.

Osaamisalueen tärkeys

Tämä osaamisalue on koko oppimis-teeman perusta ja luo edellytyksiä oppimisen kysymysten syvälliselle ymmärtämiselle muuttuvissa olosuhteissa. Vain tekemällä itse korkeatasoista perustutkimusta suomalaiset tutkijat pääsevät mukaan kansainvälisiin verkostoihin ja voivat välittää suomalaisen yhteiskunnan käyttöön maailmanlaajuisesti tuotettua uusinta tieteellistä tietoa ihmisen oppimistoimintoihin liittyvistä kysymyksistä.

Osaamisalueen kaupallisia mahdollisuuksia

Osaamisalue edustaa perustutkimusta, jolla ei suoraan voida nähdä kaupallisia sovelluksia. Sen sijaan perustutkimuksessa saatua tietoa voidaan soveltaa monellekin alueelle. Sovellukset voivat tuottaa myös kaupallisia tuotteita tai palveluita. Pitkällä aikavälillä monitieteisen perustutkimuksen tuottamalla tiedolla voi olla merkittävääkin vaikutusta suomalaisen yhteiskunnan ja talouden kehitykseen.

Toimenpidesuosituksia

- Luodaan yhteinen kansallinen oppimisen tutkimusstrategiaa yhteistyössä Suomen Akatemian ja jo toimivan monitieteisen oppimistutkimusta toteuttavan CICERO Learning -verkoston kanssa
- Vahvistetaan suomalaisen oppimistutkimuksen kansainvälistä verkottumista
- Järjestetään kansallinen monitieteinen konferenssien sarja, jossa kootaan yhteen tämän osaamisalueen tämänhetkinen state of art -tieto sekä tunnistetaan tietämyksessä olevat aukot ja eri tieteenalojen rajapinnoille sijoittuvat tutkimusteemat
- Selvitetään mahdollisuudet monitieteisten määräaikaisten tutkimusyksiköiden perustamiseen kes-

keisille osa-alueille ylipistojen, tutkimuslaitosten ja Suomen Akatemian yhteistyöllä (voi toteutua myös CICERO Learning -verkoston kautta)


- Pyritään erityisesti keskittymään muutamaa kriittiseen monitieteisen oppimistutkimuksen alueeseen, siten, että niillä voidaan saavuttaa johtava asema kansainvälisessä oppimisen tutkimuksen yhteisössä
- Käynnistetään tutkimusohjelmia, jotka saattavat eri analyysitasojen tutkijat (aivoprosessit, oppimisen mekanismit, sosiaaliset ja pedagogiset prosessit) yhteen
- Suomen oltava aloitteellinen monitieteisen oppimisen perustutkimuksen saamiseksi EU:n tutkimusohjelmiin.

Oppimista tukevat ihmisläheiset teknologiat

Tekniset innovaatiot opetuksessa ja opiskelussa

Teknologian kehittyminen tuottaa innovaatiota, joista osalla on suoraan merkitystä myös oppimisympäristöjen kannalta. Tekniikka ei kuitenkaan sinänsä ratkaise oppimisen ongelmia, vaan olisi kyettävä erittelemään paremmin uusien teknologioiden ja oppimisprosessien yhteensovittamista. Kehittyviä teknologian alueita ovat mm. 3D-kuvaukset, joihin voidaan liittää dynaamisia muutosfunktioita, simulaatiopelit, monikanavaiset kokemusgeneraattorit (kone tärisee, tuottaa hajuja, antaa karttoja, pienentää/suurentaa siten, että voidaan mennä sisään tai ulos) sekä tietoverkkoihin perustuvat sosiaaliset ohjelmistot. Tämän alueen teknistä kehitystä on hyvin yksinkertaista ennustaa: koneiden kapasiteetti ja ohjelmointitekniikka antavat jatkuvasti paranevia mahdollisuuksia sovellusten kehittämiseksi.

Tehokkaaseen simulointiin, monikanavaiseen kokemusten tuottamiseen, pelinomaisuuteen tai verkkojen avulla tapahtuvaan yhteisölliseen toimim-



taan perustuvat ratkaisut voivat olla merkittävä tuki oppimiselle, jos niiden käyttötavat perustuvat pedagogiseen asiantuntemukseen. Teknologisen kehityksen rinnalla tarvitaan vahvaa psykologista, kasvatustieteellistä ja neuropsykologista osaamista, jotta tämän kehityksen avaamat mahdollisuudet voidaan käyttää hyväksi ja epäonnistumiset ja suorastaan haitalliset ratkaisut välttää.

Vaikka Suomi on menestynyt hyvin korkean teknologian suunnittelussa ja tuottamisessa, meillä ei ole osattu oikein tuottaa oppimisteknologian tuotteita kannattavasti maailmanmarkkinoille. Tekninen puoli varmaan hoituu, mutta soveltaminen ja kaupallistaminen ovat pitkäjänteisiä ja kalliita prosesseja, ja Suomen omat markkinat ovat kovin pienet. Monitahoisten oppimis- ja kehitysprosessien hallinta teknisen tietämyksen lisäksi on suuri haaste alan yrityksissä tarvittavalle osaamiselle.

Ihmisläheinen teknologia

Uuteen teknologiaan perustuvat arkipäivän sovellukset kehittyvät poikkeuksellisen nopeasti, ja ne tulevat nopeasti suuren väestöosan käyttöön. Suuren yleisön valintoihin tulevat suuressa määrin vaikuttamaan käytettävyydestä ja tarpeellisuudesta saadut kokemukset. Teknisen asiantuntemuksen lisäksi näiden jokaisen käytettäväksi tulevien tuotteiden kehittäminen kilpailukelpoisella tavalla edellyttää ihmistieteiden mukanaoloa. Niiden ytimessä ovat erityistieteet kuten kognitiotiede, kognitiivinen psykologia, ergonomia ja oppimisen psykologia. Soveltavan IT-kognitiotiede-yhdistelmän alueella tapahtuu väistämättä erittäin nopeaa kehitystä, koska nopein tätä tietämystä soveltava saa arvaamattoman taloudellisen edun.

Suomen tilanne ei ole hyvä. Alue ei ole saanut yrityksestä huolimatta sellaista asemaa koulutus- ja tutkimusorganisaatioissa, jota mitä ilmeisin tarve edellyttäisi. Maassa on vain muutama huippuekspertti.

Asiasta vastaavat insinöörikoulutuksen saaneet, joiden ihmistiedetietämys on pääasiassa intuition varassa.

Edellä kuvattua tietämystä tarvitaan kaikkialla, missä kehitetään IT-pohjaisia tuotteita massakäyttöön – käyttäjille, joiden ei ole tarkoitus olla ko. tuotteiden käyttöön erikseen koulutettuja. Käyttäjäkuntaan tulevat kuulumaan lähes kaikki alkaen kehitysmaiden ensimmäisen puhelimen käyttäjistä kehittyneimpien maiden lapsiin ja vanhuksiin. Voittajiksi selviävät tuotteiden variantit tuovat muita enemmän lisäarvoa arjen ja työn askareista selviämiseen ilman merkittävää opettelu-aikaa. Teknologia sinänsä, ilman käyttäjänäkö-kulman vahvaa mukanaoloa ei myy enää kauan, vaan markkinoilla opitaan erottamaan, miten hyvin mikään teknologia ottaa huomioon ihmisläheisyyden.

Sovellutukset ovat rajattomat, ja jo nyt ne ovat täysin realistisia. Kultakin tuotesektorilta alkaa löytyä voittajia, jotka erottuvat muunkin kuin tuotteita tukevan mainonnan määrän perusteella. Ihmisten valmius suhtautua kriittisesti teknologiaan kasvaa nopeasti.

Tämän alueen ongelma on osaamisen vähyytensä ja sen hajautuminen eri instansseissa. Haasteena on eri osaajien yhteistoiminta. Suomessa on vankkaa osaamista joillakin sektoreilla, mutta se painottuu aika kapeasti teknologiaan. Vain harvalta muulta tieteen alalta löytyy määrällisesti ja laadullisesti riittävästi tämän alueen osaamista. Tarvittaisiin enemmän tieteenalojen yli menevää yhteistyötä. Inhimillisen teknologian osaamiseen voidaan hakea vahvistusta myös Suomen rajojen ulkopuolelta. Poikkitieteellistä koulutusta saisi nopeimmin aikaiseksi perustamalla uusia koulutusohjelmia, joissa yhdistyisi eri korkeakoulujen tarjonta. Nopeimmin tieteiden yhdistämistä syntyy yrityksissä, joissa voidaan pistää samaan projektiin eri osaajia ja antaa yhteinen tavoite. Ne tarvitsisivat kuitenkin tuekseen myös pitkäjänteisempää yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa toteutettavaa tutkimusta.



Oppiva teknologia

Yhdistämällä teknologian kehittämiseen liittyvä osaaminen ja ihmistieteiden tuottama tieto ihmisen tavoista oppia, käsitellä tietoa ja kommunikoida, voidaan kehittää oppimis- ja viestintäteknologioita, jotka paitsi adaptoituvat eri käyttäjien toimintatapaan, myös tukevat ja kehittävät käyttäjän teknologista oppimista. Sen sijaan, että puhutaan ihmisen oppimisesta teknologiaa käyttööseen, voidaan puhua teknologian oppimisesta käyttäjän palvelemiseen. Tätä lähestymistapaa tarvitaan kaikilla teknologian osa-alueilla, joita ovat toimitukset, viestintä, media, kodinkoneet, elektroniikka, erilaisten kuljetuslaitteiden ohjausjärjestelmät, www-sovellukset jne.

Mukautuvaan teknologiaan liittyvät personifoidut käyttöliittymät edellyttävät mm. luotettavia käyttäjän tunnistamismenetelmiä ja käyttäjän erityispiirteisiin liittyvien tietojen tallennusta ja salausta/tietosuojasta sekä näiden asioiden huomioimista jo sovellussuunnitteluvaiheessa.

Sovellusalueet ovat laajat. Tarvitaan systemaattista yhteistyötä tutkimusta tekevien tahojen, yritysten tuotekehityksiköiden, käytettävyyden asiantuntijoiden ja eri kuluttajaryhmien edustajien kanssa (tarvekartoitus, sovellusten käyttökokemusten hankkiminen).

Osaamisalueen tärkeys

Suomessa on kiinnitetty paljon huomiota teknologiseen osaamiseen. Näkökulma on kuitenkin ollut melko kapea, ja tekniseen osaamiseen ei ole riittävässä määrin liittynyt inhimillistä aspektia. Ihmisläheiseen teknologiaan liittyvän aidosti monitieteisen tieteellisen tiedon ja käytännöllisen osaamisen lisääminen on olennaista suomalaisen yhteiskunnan kannalta, ja se voi olla olennainen tekijä myös korkean teknologiateollisuuden taloudelliselle menestykselle. Eteneminen on realistista, kun yhdistetään

erilaista jo olemassa olevaa osaamista ja kehitetään sitä seuraavalle tasolle. Osaamisen vahvistaminen on mahdollista eri instansseja edustavien oppilaitosten ja muiden toimijoiden yhteistyöllä, tutkintojen monipuolistamisella.

Osaamisalueen kaupalliset mahdollisuudet

Teknologisten innovaatioiden kehittämisessä tilanne on Suomessa kohtuullisen hyvä ja perinteisesti vahva. Sen sijaan kaupallisella puolella tai palveluinnovaatioiden kehittämisessä ollaan jäljessä monia muita maita. Innovaatioiden tehokkaaseen kaupalliseen hyödyntämiseen liittyy kyky poimia heikkoja signaaleja ja rakentaa ratkaisuja niiden pohjalta. Ihmistieteellisen ja teknisen osaamisen syvälinen yhdistäminen voisi tuoda merkittävän kilpailuedun suomalaisille tuotteille.

Toimenpidesuosituksia

- Käynnistetään tutkimushanke ihmistieteiden ja tekniikan yhteistyöllä mukautuvan (oppivan) teknologian kehittämiseksi ja soveltamiseksi esimerkiksi joihinkin arkielämän laitteisiin
- Suomessa on toteutettu paljon opetusteknologian kehittämis- ja tutkimusprojekteja. Arvioidaan niiden tuloksellisuutta kansainvälisesti oppimistutkimuksen ja teknisten innovaatioiden kehittämisen näkökulmasta
- Tuetaan koulutusohjelmia sekä tutkimus- ja kehittämishankkeita, jotka vahvistavat suomalaista osaamista seuraavilla alueilla:
 - teknologian käytettävyyttä edistävien oppivien käyttöliittymien kehittäminen
 - uusiin kehittymässä oleviin teknologioihin liittyvän oppimista edistävän potentiaalinn tunnistaminen ja oppimisympäristöjen kehittäminen sekä niiden kaupallistaminen

- Osaksi laatujärjestelmiä on saatava arviot järjestelmien kuluttaja/käyttäjystävällisyydestä. Esim. "human factor" -laatusertifikaattijärjestelmää voisi kehittää.

Teknologian muokkaamat toimintaympäristöt, mobiiliin ja hajautetun työn johtaminen

Hajautuneen tuotannon organisointi ja hajautunut kognitio

Tietoteknisen kumouksen jälkeen uutta tietotekniikkaa sovellettiin alkuun, ja vieläkin sovelletaan, paljolti massatuotannon ajan rakenteiden puitteisista. Hyvä esimerkki on e-learning, jonka sovelluksista suuri osa on perinteisen esittävän kouluopetuksen siirtämistä tietoverkkoon. Tietotekniikan tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntämiseen perustuvia uusia organisaatiomuotoja on itse asiassa kehitetty vasta 1990-luvulta alkaen.

Seuraavat kehityspiirteet näyttävät yleistyvän:

- tuotanto on yhä useammin monen organisaation yhteistuotantoa ja perustuu pitkäaikaisiin kumppanuuksiin
- näille pitkäaikaisille kumppanuuksille on ominaista jatkuva yhdessä tapahtuva tuotannon kehittäminen, johon erikoistuneet organisaatiot tuovat erikoisalansa panoksen
- peräkkäisistä vaiheista siirrytään kasvavassa määrin toimintatapoihin, joissa toiminnan eri aspekteja toteutetaan rinnakkain jatkuvasti, esimerkiksi yhteiskehittelyyn perustuvissa pitkäaikaisissa yritysten välisissä suhteissa tuotekehitys on osa jatkuvaa yhteistyötä ja liittyy läheisesti tuotteiden ylläpitoon
- kollektiivinen (ja yksilöllinen) oppiminen on ratkaisevan tärkeä osa tuotantoa,

- se sisältää sekä muualla tuotetun tiedon ja välineistön omaksumista että paikallista uusien käsitteiden ja käytäntöjen luomista.

Toiminnan oppiminen jäsentyy organisaatioissa kokonaan uuden logiikan mukaan. Massatuotannon kehittymisen kaudella tuotantoon kytkeytyvän oppimisen painopiste on ollut hyvin selvästi erillisten tehtävien hallinnan kehittämisessä. 1970-luvulta alkaen on kiinnitetty erityistä huomiota prosessikonaisuuksien hallintaan. Tehtäväkohtaista osamista on alettu tarkastella osana prosessien hallintaa. Prosessien jatkuvan parantamisen käytännöt ovat olleet keskeinen organisaatioiden oppimisen järjestelmä. Tällä hetkellä prosessit ovat jatkuvassa muutoksessa, joka kytkeytyy liiketoimintamallien muutoksen sykleihin. Oppimista tarkastellaan yhä enemmän osana toisiaan seuraavien teknologiasukupolvien haltuunoton ja liiketoimintamallien uudistamisen syklien näkökulmasta.

Hajautetun kognition tutkimuksessa on eritelty hyvin hajautettuja kognitiivisia prosesseja erittäin tiukasti säädelyissä oloissa (laivan ohjaus, lentokoneen ohjaus), computer supported collaborative work ja computer supported collaborative learning ovat lupaavia tutkimusalueita, jotka laajentavat näkökulmaa. Tutkimuksen painopiste on ollut hyvin vahvasti ja yksipuolisesti hajautetun tiedonmuodotuksen ja oppimisen prosesseissa, mutta ei niiden kohteissa (tärkeitä poikkeuksiakin on). Kuitenkin juuri kohteissa on tapahtumassa suuria muutoksia. Jo se, että siirrytään kasvavassa määrin usean organisaation yhteistuotantoon ja siinäkin kehitysorientoituneeseen tuotantoon, luo uudenlaisia, vaikeasti hallittavia hajautetun, yhteistoiminnallisen oppimisen haasteita.

Jos kollektiivinen oppiminen tulkitaan toiminnan kannalta olennaisten yleistysten muodostami-



sen prosessiksi, joka edellyttää sekä jollain tavoin identifioitua yhteistä oppimisen kohdetta ja siihen liittyvää vaihtelua, tietotekniikka mahdollistaa ensinnäkin yleistysten kehittelyyn osallistuvien henkilöiden määrän räjähdysmäisen kasvun (esim. Linux open source -kehittelyyn osallistuvien henkilöiden määrä on valtava). Toiseksi tietotekniikka tehostaa yleistysten muodostamisen prosesseja. Vaikka knowledge management -tutkimus yrittää hahmotata ja kehittää näitä prosesseja ja niiden välineitä, tutkimus on tässä kuitenkin kovin jäljessä todellisuudesta. Tunnetusti varsin huonosti muita yleistysprosesseja kuin empiiris-tilastollisen. Erityisesti kollektiivisten työhön liittyvien käsitteenmuodostusprosessien tutkimus on heikoissa kantimissa, vaikka uusien (liike)toimintamallien ja tuotteiden taustalla on aina uuden käsitteen kollektiivinen kehittäminen. Monimutkaisten järjestelmien hallinta edellyttää uusien, monitahoisten käsitteiden kehittämistä.


Itse kollektiivisissa oppimisprosesseissa on tapahtumassa radikaaleja muutoksia. Käsitteissä kollektiivisen oppimisen tulokset kiteytyivät työkaluihin ja käytäntöihin. Teollistumisen yhteydessä erilaisista kuvaksista (ensin kohteiden tekninen piirtäminen, sitten prosessikuvaukset jne.) tuli keskeinen kollektiivisen muistin ja oppimisen väline (vertaa soittamisen oppiminen ja säveltäminen korvakuvasta ja nuottikirjoitusta apuna käyttäen). Nyt kuvausten ”yläpuolelle” keskeiseksi oppimisen välineeksi ja oppimistulosten säilyttäjäksi ovat nousemassa teoreettiset mallit, joilla kuvataan vaihtoehtoisia todellisuuksia, mahdollisuuksia ja visioita. Erilaiset liiketoimintamallit, joilla kuvataan toiminnan laadullisen muutoksen suuntaa, ovat yksi esimerkki. Toinen, hyvin erilainen esimerkki on selittävien ja ennustavien mallien käyttö moniammatillisen yhteistoiminnan välineinä. Tällaisia kollektiivisen ajat-

telun ja oppimisen välineitä ja niihin perustuvaa hajautettua, kollektiivista oppimista on tutkittu vasta hyvin vähän.

Monitahoisten ja vaativien järjestelmien hallinta ja muuttaminen edellyttää irrottautumista vakiintuneista rutiineista, aloitteen ottamista ja yhteistoiminnan rakentamista monitahoisen kohteen hallitsemiseksi. Nykymaailmassa tarvittavat monitahoiset yhteistoiminnan rakenteet eivät kuitenkaan voi olla pysyviä vaan ne syntyvät ja hajoavat joustavasti kohteiden mukaan.

Lintuinfluenssa on hyvä esimerkki sekä karkaavasta kohteesta että kohteeseen perustuvasta hajautetusta (yhteisestä) toimijuudesta. Influenssa leviää, mutta kukaan ei tiedä, missä seuraava tapaus ilmenee, ja milloin virus ehkä muuttaa muotoaan. Joka tapauksessa on äärimäisen tärkeää, että asian kanssa yllättäen eri puolilla maailmaan tekemisiin joutuvat ihmiset, kiinalaiset kananviljelijät, ranskalaiset hanhifarmarit, ornitologit jne. toimivat aloitteisesti, vastuullisesti ja koordinoitusti viruksen leviämisen estämiseksi, vaikka ei ole olemassa mitään organisaatiota, jonka piiriin he kaikki kuuluvat ja joka ohjaisi prosessia. Kiinnostavaa on, että tämän kohteen ympärille syntyy verkostoja ja välineitä, joilla sen muutoksesta ja etenemisestä opitaan koko ajan. Näissä verkostoissa korostuu myös open source -periaate: ne perustuvat vapaaehtoiseen sitoutumiseen ja alhaalta ylöspäin tapahtuvaan resurssien kasvamiseen.

On todettu, että suomalaisille sopisi hyvin open source -periaatteella toteutetut kehittämishankkeet, koska omat resurssimme ovat niin rajalliset. Jotta meillä osattaisiin hyödyntää nopeasti näissä alati muuttuvissa verkostoissa syntyvää uutta tietoa, tulisi meillä olla tietoa osaamisen ja tiedon muodostumisesta näissä organisaatioissa samoin kuin niiden johtamisesta. Vaikka niissä ei aina ole-



kaan varsinaista johtajaa, on joku aina käynnistävänä tahona ja vastaa tiedon kokonaisuudesta. Näitä uusia virtuaalisia vapaaehtoisorganisaatioita johdetaan eri periaatteilla kuin perinteisiä organisaatioita. Näistä periaatteista meillä ei ole vielä juuri lainkaan tietoa.

Mobiilin, hajautuneen ja verkottuneen työn johtaminen

Myös ei-vapaaehtoistyö muuttuu hajautuneeksi, kuten muutokuvauksissa ilmenee. Työn johtaminen muuttuu kaikessa työssä, kun ihmiset ovat fyysisesti etäällä ja eri puolilla. Yhteydenpito alaisiin tapahtuu pääasiassa sähköpostilla ja puhelimitse. Työtä ei voi perinteisesti valvoa, vaan johtamisen pitää perustua entistä enemmän selkeisiin tavoitteisiin ja sovittuihin periaatteisiin näiden tavoitteiden saavuttamisen keinoista. Tärkeää on myös jatkuva vuorovaikutus, jotta pysytään samalla tiellä. Näin tekemisen merkitys säilyy ja kaikki tarvittava tieto on jokaisen käytössä.

Mobiilia ja hajautettua työtä on jo tutkittu jo muutama vuosi sekä Suomessa että muualla, ja määritetty käsitteitä ja malleja. Seuraavaksi tulisi selvittää miten tällaisen työn tuottavuutta voidaan parantaa, miten sitä olisi paras johtaa ja tukea sekä millaisia taitoja ja valmiuksia esimiehet tarvitsevat hajautuneitten organisaatioiden ja mobiilin työn johtamisessa.

Liikkuva ja hajautettu työ on tyypillistä tietotyötä, jossa tieto ja osaaminen ovat tärkein resurssi ja tuote. Osaamisen hallintaa fyysisesti yhtenäisessä organisaatiossa on tutkittu ja mallinnettu esimerkiksi oppivan organisaation konseptien avulla. On myös tutkittu ja mallinnettu hiljaisen tiedon muuntamista täsmätiedoksi ja sitä kautta jaettavaksi osaamiseksi. Osaamisen hallintaa voidaan kohtuullisen helposti toteuttaa jo käytännössä, ja siihen on kehitetty työkaluja. Sen sijaan osaamisen hallinta ja uuden osaamisen luominen

hajautuneessa organisaatiossa on iso haaste jokaiselle organisaatiolle, esimiehelle ja toimijalle. Etäällä olevilta puuttuvat kotiorganisaation tuki, monet oppimismahdollisuudet, mahdollisuus jakaa omia kokemuksiaan ja saada oppia toisten kokemuksista sekä ennen kaikkea mahdollisuus oppia yhdessä toisten kanssa fyysisessä yhteistyössä.

Yksi esimiesten keskeinen vastuu on osaamisesta huolehtiminen, osaamisen hyödyntäminen ja uuden oppiminen. Lähiorganisaatiossa ihmiset voivat työstää yhdessä tulevia osaamistarpeitaan, sopia, miten osaamista hankitaan ja jakaa osaamista työskentelemällä ja pohtimalla tekemisiään yhdessä. Mutta verkostoituneessa työssä tämä on vaikeaa. On vaikea tietää, mitä joku osaa, jos häntä ei tapaa kuin ehkä kerran vuodessa kasvatusten. On myös vaikea ohjata uuden osaamisen hankkimista, jos henkilö on esim. toisella puolella maapalloa. Vielä vaikeampaa on varmistaa, että kaikkien organisaation jäsenten osaaminen saadaan hyödynnettyä ja jaettua yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi.

Hajautuneessa organisaatiossa tarvitaan uudenlaisia prosesseja ja työvälineitä osaamisen hallintaan ja oppimiseen. Näiden perustaksi tarvitaan tutkimusta siitä, miten osaaminen syntyy ja siirtyy verkostossa, miten osaamisen muodostumista voi ohjata ja miten yksilöiden osaaminen saadaan muodostumaan yhteisölliseksi osaamiseksi.

Tietotyöhön liittyy myös henkinen kuormitus. Etäällä olevien ja erityisesti liikkuvien henkilöiden työkuuntoa on vaikea seurata. Vaarana on, että etäällä olevalta katoaa työnsä merkitys, jolloin ihminen uupuu helposti. Jatkuva matkustelu lisää räsytystä ja saattaa johtaa uupumiseen. Ihmisten tulisi itse osata huolehtia omasta työhyvinvoinnistaan. Tietotyön perustaitoja on aika vähän määritetty muuten kuin teknisten tietotekniikan tiedon hankkimisen perustaitojen muodossa. Tärkeitä taitoja olisivat ainakin kyky priorisoida,



reflektoida ja katkaista työputkia, jotta aivot pääsevät keskittymään kuhunkin tehtävään kerrallaan. Näistä asioista tarvittaisiin lisää tietoa.

Hajautettu työ ja sosiaaliset ohjelmistot

Sosiaaliset ohjelmistot on mainittu jo useaan kertaan. Wikit ja blogit tarjoavat ratkaisuja moniin hajautetun ja vapaaehtoisen työn tiedonhallinnan ja osaamisen kehittämisen ongelmiin. Niiden avulla voidaan yhdistää kaukanakin olevat osaajat toisiinsa. Ne toimivat myös rakenteina vapaaehtoisten virtuaalisten organisaatioiden muodostumisessa. Wikit voivat välittää tieto samanlaisena ja jatkuvasti uusiutuvana kaikille osapuolille. Blogit auttavat etäälläkin olevaa reflektoimaan omaa toimintaansa ja oppimistaan. Toisten kommentit auttavat oppimisessa ja tiedon jatkuvassa muodostumisessa. Sosiaaliset ohjelmistot ovat niin uusi ilmiö, että se on syntynyt ennen kuin sitä on edes määritetty. Puuttuu kokonaan tutkimus näiden välineiden käytöstä, eduista ja ongelmista. Ne kuitenkin sivuavat monien eri alueiden rajapintoja: näitä ovat tekijänoikeudelliset kysymykset, yritysten salassapitosäädökset, kilpailu ja tuotekehityksen nopeusvaatimukset.

Osaamisalueen tärkeys

Työn muutos on väistämätön. Se edellyttää myös johtamisen kehittymistä. Uudenlaista organisaatiota ja tietotyötä ei voida johtaa tuloksekkaasti vanhan kiinteän tai konemaisen organisaation ja teollisen tuotannon tehokkuuden periaatteilla. Jotta suomalaiset yritykset pärjäisivät globaalissa verkostotaloudessa, tarvitsevat ne uutta tietoa ja uutta osaamista globaalien "aivoverkostojen" tehokkaasta johtamisesta. Suomen kilpailukyyn kannalta peräänkuulutetaan huippuosaajia ja kansallista innovatiivisuutta. Yhtä tärkeää olisi peräänkuuluttaa myös sellaista organisaatiokulttuuria ja johtamista, joka

tukee innovaatioita ja korkeasti koulutettujen osaajien – tietotyöläisten – yhteistyötä.

Osaamisalueen kaupallisia mahdollisuuksia

Liikkeenjohdon opit ovat tulleet pitkään USA:sta. Välillä on katsottu Aasiaan ja yritetty ammentaa idän oppeja. Viime aikoina yhä useampi kansainvälinen johtamisen tutkija on hakenut ihannemallia johtamiseen Pohjoismaista ja erityisesti Suomesta. Suomalainen liikkeenjohtaminen on nykyään arvostettua osaamista. Työn muutoksessa Suomi on ollut teknologiavetoisen kehityksen myötä edelläkävijä. Työn muutokseen liittyy työn tehokkuuden ja erityisesti globaalin tietotyön tehokkuuden etsiminen uusista lähteistä. Johtaminen ja esimiestyö ovat avainasemassa. Meillä olisi myös mahdollisuudet näyttää mallia muulle maailmalle tällaisen työn johtamisosaamisen edelläkävijänä. Uudella johtamisosaamisella luodaan toisaalta perustaa omalle kilpailukyvyllle, toisaalta tästä osaamisesta sekä sen tueksi kehitettävistä teknisistä työkaluista ja niiden sovelluksista muodostuvista järjestelmistä voidaan luoda vientituotteita.

Toimenpidesuosituksia

- Käynnistetään tutkimushankkeita mobiiliin työn hajautetun työn tuottavuudesta ja tuottavuuden lähteistä
 - useamman alan tutkijoita (yritysstrategia, psykologia, infoverkot, IT)
 - hajautettua ja mobiilia tietotyötä harjoittavien yritysten kanssa
 - toisena ryhmänä mobiilia ei-suoraa tietotyötä harjoittavien esim. kiinteistöhallintayritysten kanssa
- Miten johtamisen perustehtävät toteutuvat hajautetussa ja /tai mobiilissa työssä?

- Millaista johtamista tehokas hajautettu työ edellyttää?
- Millaisia valmiuksia johtajalta edellytetään?
- Millaisia valmiuksia hajautetun tai/ja mobiilin työn tekijöiltä edellytetään?
- Miten osaamista syntyy ja siirtyy hajautuneessa organisaatiossa/verkossa?
- Miten osaamisen muodostumista voi ohjata? Miten voidaan tukea?
- Millaisia välineitä ja prosesseja osaamisen muodostumisessa voidaan käyttää apuna?
- Miten yhteisölliset tiedon luomisvälineet kuten wikit, blogit, RSS:t soveltuvat hajautuneen organisaation osaamisen hallintaan?
- Miten erityisesti open source -periaatteilla toteutettuja hankkeita tulisi johtaa?

Elinikäisen oppimisen käytännöt, koulutusjärjestelmä ja epämuodollinen oppiminen

Pätkä- ja projektityöläisten elinikäisen oppimisen käytännöt

Iso osa ihmisistä tulee tekemään jatkossa koko ikänsä vain projekti- ja pätkätöitä. Ihmisiä rekrytoidaan esim. muutamaksi vuodeksi johonkin projektiin, ja sinä aikana heiltä edellytetään tiukkaa tehokkuutta. Työt muuttuvat, ja seuraava projekti saat- taakin edellyttää jo aivan uusia taitoja. Määräaikai- sella työnantajalla tuskin on halua hoitaa koulutta- mista tai hankkia pätkähenkilölle osaamista seuraavaa projektia varten – ainakaan, jos se ei varmuu- della ole samassa yrityksessä. Miten projektityöläi- set pitävät itsensä työmarkkinakelpoisina? Elinikäi- nen oppiminen on vielä pitkälle rakentunut sen va- raan, että työnantaja järjestää henkilöstökoulutusta tai henkilö osallistuu itse aikuiskoulutukseen. Aikuiskoulutus puolestaan on monille rankkaa tiuk- katahtisen työn ohella. Samaan aikaanhan pitää

yrittää markkinoida itseään jo seuraavaankin pätkään. Kun pätkä- ja projektityöläisyys lisääntyvät, tarvitaan uudenlaisia malleja osaamisen kehittämi- seen ja jatkuvaan oppimiseen. Sama ongelma kos- kee myös monia liikkuvan ja hajautetun työn tekijöi- tä, jotka eivät voi kehittää osaamistaan ”pysyvällä työpaikalla”.

Pitäisi tutkia uudenlaisia ja erilaisia tapoja järjes- tää elinikäinen oppiminen. Tietoa uudenlaisista ta- voista oppia ja päivittää osaamistaan tarvitsevat kaikki työikäiset, elinikäisen oppimisen palvelujen tuottajat ja rahoittajat sekä työmarkkinajärjestöt, jotka voisivat liittää osaamisen ylläpidon myös TES-neuvottelujen piiriin.

Uusia toimintamalleja tarvitaan joka tapaukses- sa, jotta työn muutokset ja ihmisten työkyvyn säily- minen voivat toteutua. Muuten meillä lisääntyy edelleen samanaikainen korkea työttömyys ja työ- voimapula.

Uusia oppimistapoja ja osaamisen kehittämisen keinoja tulisi selvittää ja sovittaa niitä nykyisiin elinikäisen oppimisen rakenteisiin. Mukaan tarvi- taan eri osapuolia, tutkijoita, työmarkkinaosapuolia ja työnantajien edustajia. Vastuu elinikäisen oppimi- sen järjestämisestä ja rahoittamisesta voi olla niin hankala aihe, että se estää yhteistyön. Työnantaji- en osalta myös jatkuva epävarmuus ja joustavuus- vaatimus voivat vähentää mielenkiintoa osallistua pätkä- ja projektityöläisten osaamisen ylläpitoon.

Työssä oppimisen tukeminen

Perinteisesti Suomi ei ole kiinnittänyt kovinkaan run- saasti huomiota työssä oppimiseen, vaikka työssä op- piminen tällä hetkellä jo onkin muodollisesti keskeinen osa koulutusjärjestelmäämme. Ongelmana ovat työ- paikkojen riittämättömät resurssit tämän toiminnan li- säämiseksi. Työssä oppiminen, sen prosessien tehos- taminen ja työssä opitun näkyväksi tekeminen ovat



keskeisiä toimia toisaalta ikääntyvän työvoiman, toisaalta pätkätöyläisten työkyvyn säilyttämiseksi. Työtehtävät ja työssä opittu tulee voida "todentaa" samaan tapaan kuin muodollisessa koulutuksessa hankittu tutkinto.

Henkilöstön osaamisen varmistaminen ja sen edistäminen edellyttävät toimenpiteitä, joilla työssä oppiminen voidaan nykyistä paremmin integroida osaksi työtä. Jokainen voi toimia "opettajana", jos vain omaa jonkinlaiset vuorovaikutus- ja kommunikointitaidot ja ymmärtää vähän ihmisen oppimisesta. Lisäksi tarvitaan nykyistä tiiviimpää yhteistyötä oppilaitosten ja työelämän välillä, jotta työssä oppimisen laadukkuus voidaan taata. Työpaikkoja tulisi kehittää myös oppimisympäristöiksi. Yhteiskuntatieteiden sekä käyttäytymis- ja kasvatustieteiden tuottaman tiedon yhdistäminen mm. psykologian eri osa-alueiden tuottamaan tietoon tarjoaa tiedolliset edellytykset kehittää yrityskohtaisia oppimisympäristöjä.

Epämuodollisen oppimisen vaikutus muodolliseen koulutukseen

Suomalaiset ovat ylpeitä peruskoulun hienosta PISA-tutkimuksen sijoituksesta. On helppo vedota siihen, että nykyinen koulutusmuoto on ainoa oikea. Suomen nuorisotaso on varsin digitaitoista ja on omaksunut nopeasti kollektiiviset osaamisen ja tiedon luomisen välineet. Edelläkävijänuorisot toimii globaalisti, hankkii ja luo nopeasti tarvitsemaansa osaamista netin kautta blogien, wikien, RSS-palvelujen ja aggregaattorien avulla. Heidän mielestään muodollinen koulutus ei anna riittävän nopeasti ja tehokkaasti tarvittavaa osaamista. Välineitä voidaan varmasti kehittää helposti täällä olevan teknisen osaamisen ja käyttäjäkulttuurin vuoksi.

Instituutioiden ulkopuolinen oppiminen tulisi integroida muodolliseen koulutukseen, jotta ei synny kahta erilaista oppimismaailmaa. Opetukseen tarvitaan pe-

rinteisen opettajan ohella muita tukihenkilöitä, kuten verkkoasiantuntijoita ja sosiaalisten ohjelmistojen osaajia. Tietoa sosiaalisten ohjelmistojen mahdollisuuksista ja käytöstä tarvitsevat varmasti koulutuksen ja oppimisen suunnittelijat, työelämän kehittäjät ja muut oppimisen tutkijat.


Suuri haaste jatkossa on ymmärtää erityisesti nuorten keskuudessa kehittyvien maailmanlaajuisten verkkoja hyväksi käyttävien yhteisöjen luonnetta ja merkitystä oppimisen kannalta. Tämä sivuaa toisaalta myös hajautuneen kognition luomaa tiedon tarvetta.

Yhteiskunnallinen muutos ja koulutusjärjestelmän kehittäminen

Suomen koulutusjärjestelmän on ollut monessa suhteessa menestyksellinen. Kansan keskimääräinen koulutustaso on noussut nopeasti, ja nuorempien ikäluokkien koulutustaso on kansainvälisesti huippuluokkaa. Myös oppimistulokset keskeisillä alueilla, kuten lukemisessa, matematiikassa ja luonnontieteissä, kuuluvat OECD-maiden parhaimpien joukkoon. Erityisen hyvin suomalainen koululaitos on onnistunut koulutuksellisen tasa-arvon toteuttamisessa.

Jo nyt on nähtävissä, että koululaitos ei välttämättä kykene tulevaisuudessa samalla tavalla tukemaan tasa-arvokehitystä kuin mitä se on tehnyt parin viime vuosikymmenen aikana. Globaalin talouden logiikka tuo koko yhteiskuntaan, myös koulutukseen, sellaisia paineita, jotka ovat osittain ristiriidassa tasa-arvoon tähtäävän toiminnan kanssa. Samaan aikaan koulutukseen tulee aiempaa huomattavasti heterogeenisempi oppilasjoukko maahanmuuton lisääntyessä ja sosiaalisten ongelmien kärjistytessä.

Ammattirakenteen muutokseen sopeutuminen on erityisesti peruskoulun jälkeisen koulutusjärjestelmän mittava haaste. Tuottaako koulutusjärjestelmä tulevaisuudessa niitä osaajia, joita yhteiskunnassa tarvitaan? Tätä ongelmaa vaikeuttavat tiedon nopea lisääntymi-



nen ja nopeasti tapahtuvat ja vaikeasti ennakoitavat muutokset globaalissa taloudessa ja työelämän rakenteissa. Esimerkiksi yliopistokoulutuksen uusiminen on vaikeaa, koska jokainen laitos puoltaa oman oppiaineensa olemassaoloa. Jos uutta saadaan opetukseen mukaan, se tulee yleensä olemassa olevan lisäksi. Opiskelijoilla on entistä enemmän opittavaa, ja se pitkittää entisestään opiskeluaikoja. Tarjontaa lisätään kasvattamalla opintosuuntien ja vaihtoehtojen määrää. Neljäsosa yliopisto-opiskelijoista vaihtaa opintosuuntaa kahden ensimmäisen vuoden aikana. Se pitkittää entisestään opiskeluaikoja. Parempi olisi tarjota alkuvaiheessa nykyistä laajempia kokonaisuuksia ja jättää erikoistuminen opintojen loppuvaiheeseen tai jopa elinikäisen oppimisen varaan.

Koulutuksen perinteiset muodot ovat muuttuneet melko hitaasti, vaikka koulutus onkin kohtuullisen hyvin pystynyt vastaamaan muuttuneen yhteiskunnan tarpeisiin. Paineet kouluinstituutioiden koko toimintalogiikan ja -kulttuurin muuttamiseksi ovat kuitenkin kasvamassa sekä teknologian että yleisen kommunikaatiokulttuurin seurauksena.

Yliopistoihin kohdistuvat kovenevat vaatimukset sekä kansainvälinen kilpailu opiskelijoista edellyttävät yliopistojen toimintaedellytysten ja toimintamallien osittaista uudelleenarviointia. Rakenteissa tarvitaan lisää joustavuutta ja puolueetonta arviointia ja päätöstä oppialueiden uusiutumistarpeesta.

Koulutusjärjestelmän kehittäminen yhteiskunnan tasa-arvoista kehitystä ja tulevaisuuden globaaleja vaatimuksia ennakoivalla tavalla on monimutkainen haaste, ja siihen sisältyy osin ristiriitaisten pyrkimysten välisiä jännitteitä. Ratkaisujen tueksi tarvitaan sekä laaja-alaista tutkimustietoa että mekanismeja, joilla yhteiskunnan eri intressiryhmien näkemykset välittyvät koulutusta koskevaan päätöksentekoon paljon nykyistä nopeammin. Tarpeiden muutosten pitäisi

näkyä nykyistä nopeammin myös opetussuunnitelmissa ja -sisällöissä.

Osaamisalueen tärkeys

Elinikäisen oppimisen toteutuminen sekä koulutuksen että epämuodollisen oppimisen keinoin on välttämätöntä, jotta ihmiset säilyisivät työ- ja toimintakykyisinä teknistyneessä yhteiskunnassa. Sosiaaliset ohjelmistot ja muut spontaania oppimista tukevat ympäristöt voivat auttaa elinikäisen oppimisen muuttamisessa arjen rutiiniksi. Niiden avulla tapahtuva oppiminen pitää vain aidosti liittämällä osaksi muodollista koulutusta. Koulun tulee hyödyntää kaikilla tasoilla instituutioiden ulkopuolista oppimista. Toisaalta elinikäinen oppiminen edellyttää, että kaikkia tiedon hankkimiskanavia käytetään jatkuvasti, jotta oppimista tapahtuisi todella kaikkialla.

Osaamisalueen kaupalliset mahdollisuudet

Peruskoulua ei ole osattu tuotteistaa, vaikka se on saavuttanut laajan kansainvälisen kiinnostuksen. Elinikäisen oppimisen ja työssä oppimisen käytännöt voisivat niin ikään olla kansainvälisesti monistettavia asioita. Sosiaaliset ohjelmistot eivät sinänsä tuota välttämättä kaupallisia tuotteita tai palveluja. Mutta niiden avulla on mahdollista luoda sovelluksia, joilla on kaupallisia mahdollisuuksia.

Toimenpidesuosituksia

- Käynnistetään tutkimus uusista ja kehittymässä olevista oppimista ja tiedon luomisesta tukevista välineistä, niiden mahdollisuuksista ja ongelmista – Selvitetään, miten tietoa luodaan näillä välineillä ja miten nämä tiedon luomisprosessit voidaan rinnastaa/nivoa muodollisiin oppimisprosesseihin eri koulutustasoilla. Tavoitteena olisi toisaalta kehittää muodollista koulutusta niin, että siinä voidaan hyödyntää uusien tiedon luomisvälinei-



den mahdollisuuksia, toisaalta luoda oppimisen kokonaisuudesta sellainen rakennelma, että näillä uusilla välineillä hankittu osaaminen voidaan sisällyttää kokonaisoppimiseen.

- Selvitetään sosiaalisiin ohjelmistoihin liittyviä ongelmia ja niiden ratkaisuvaihtoehtoja.
- Tekes voisi toimia tutkimusalueen kokonaiskoordinoijana ja tukea eri yliopistojen ja yritysten yhteistyönä toteutettavia hankkeita.

- Kootaan yhteen elinikäisen oppimisen toimivia käytäntöjä
 - Vaikka elinikäisen oppimisen käytäntöjä on selvitelty, ei niiden johtopäätöksiä ole viety käytäntöön. Elinikäinen oppiminen on edelleen enemmän puhetta kuin käytäntöä. Hankkeessa pitäisi koota yhteen toimivia malleja ja erityisesti sellaisia käytäntöjä, jotka tukevat jatkuvaa oppimista tulevaisuuden työnteon muodoissa, kuten projektityöt ja liikkuva työ.
- Elinkeinoelämän ja työmarkkinajärjestöjen tulisi panostaa työssä oppimisen eri muotojen kehittämiseen.
 - Työssä oppimisen onnistunut toteutuminen tulisi pyrkiä saamaan osaksi eri organisaatioiden ja yritysten laatujärjestelmiä ja laatuarvioita.
 - Työssä oppimista tulisi myös nykyistä enemmän arvioida työhyvinvoinnin tekijänä.
 - Esim. työministeriön tulisi kerätä työssä oppimisen parhaita käytäntöjä ja levittää niitä.
- Perustetaan työelämän HR-asiantuntijoiden ja tutkijoiden yhteinen foorumi, jonka tehtävänä on tulevaisuuden koulutusjärjestelmän hahmottelu.
- Korkeakoulujen toiminnan ja rakenteiden uudistuminen on välttämätöntä, jotta suomalainen opetus erityisesti maan kilpailukyvyyn kannalta kriittisillä aloilla vastaisi nopeasti muuttuvaa tarvetta ja jotta Suomen yliopistojen taso nousisi tärkeimmillä aloilla maailman kärkeen.


- Eri ammattiryhmien tulisi jatkuvasti selvittää, mitkä ovat niitä perusosaamisia, joilla luodaan alan osaamiskivijalka ja mitkä asiat ovat niitä, jotka muuttuvat jatkuvasti työelämän ja toimintaympäristön muutosten myötä. Näiden asioiden oppimiseen tarvitaan uusia joustavia oppimis- ja osaamisen todentamistapoja. Tarvitaan tutkimusta ja hyviä käytäntöjä siitä, miten koulutusjärjestelmä ja elinikäisen oppimisen polku nivotaan yhteen niin, että ihmisillä on tarvittava perusosaaminen ja ajan tasalla olevat tiedot ja taidot.

Kansalaisvalmiudet, elämän hallinta ja sosiaaliset innovaatiot

Kansalaisten tiede- ja teknologiakompetenssin vahvistaminen

Tietotekniikka mahdollistaa kansalaisten entistä laajemman osallistumisen päätöksentekoon ja mielipiteen ilmaisuun. Julkiset ja yksityiset palvelut siirtyvät yhä enemmän verkkoon. Kuluttajat ovat ottaneet osan markkinointivaltaa ja vaikutusvaltaa itselleen jakamalla nopeasti käsityksiään tuotteista tai palveluista. Kaikki tämä edellyttää kansalaisilta taitoa käyttää tietotekniikan laitteita, asioida verkon kautta ja hankkia internetistä tietoa. Ihmisten perustaidot muodostuvat luku-, lasku- ja kirjoitustaidon ohella tänään digitaalisista taidoista (ns. cyber skills).

Yhteiskunta tulee entistä riippuvaisemmiksi kompleksisista teknologioista, joita nykyisin kehitellään erityisesti GRIN-alueella (genetiikka – robotiikka – informaatioteknologia – nanoteknologia). Kun osallistuminen ja vaikuttaminen lisääntyvät, kansalaisten on osattava ottaa kantaa hyvinkin monimutkaiseen ja vaikeisiin tieteen ja teknologian uusien saavutusten soveltamiseen liittyviin päätöksiin, esimerkiksi siihen, miten pitkälle halutaan sallia perimältään paranneltujen design-lasten tuottaminen.



Valistunut mielipiteenmuodostus ei ole mahdollista ilman jatkuvasti lisääntyvää ja ajan tasalla pysyvää tietoa eturivin teknologioista ja niihin liittyvistä riskeistä. Pohjaksi tarvitaan riittävä luonnontieteellinen perussivistys.

Teknologia liittyy lähes kaikkeen tuotannolliseen toimintaan. Teollisia tuotantoprosesseja automatisoidaan, niiden energia- ja materiaalitehokkuus lisääntyvät, palveluautomaatio etenee, hoivarobotit yleistyvät ja professionaalisisissa ammateissa käytetään asiantuntijajärjestelmiä. Useimmissa työtehtävissä tarvitaan tietotekniikan ymmärtämistä ja laitteiden ja järjestelmien jonkinasteista hallintaa. Tietotekniikasta on tullut kansalaisten perustaito ja perustyötaito.

Pyrkimys resurssien äärimmäisen tehokkaan hyödyntämiseen tuo mukanaan uudenlaisia työympäristöriskejä, ja työssä tehdyt virheet voivat aiheuttaa suurta vahinkoa luonnolle ja muille ihmisille. Ihmisten kaikkia toimintoja kyetään valvomaan entistä tehokkaammin. Vastaavia riskejä kohdataan niissä kompleksisissa järjestelmissä, joiden varaan ihmisten muut arkiset toiminnot, koko yhteiskunnan toiminta ja sen nivoutuminen maapallon muuhun ekosysteemiin rakentuvat. Ihmisten on opittava toimimaan kompleksisissa teknologisissa järjestelmissä ja hallitsemaan niiden toimintaan liittyviä riskejä kyetäkseen vaikuttamaan omaan ympäristöönsä ja menestymään työelämässä.

Tietoyhteiskuntakeskustelun yhteydessä on puhuttu paljon keinoista kansalaisten mediakompetenssin vahvistamiseksi. Samoja ideoita ja osaamisalueita voitaisiin hyödyntää asianmukaisesti soveltaen ja muilla täydentäen kansalaisten tiedekompetenssin vahvistamiseksi. Tietotekniikan perustaidot tulisi varmistaa jokaiselle samaan tapaan kuin aikoinaan varmistettiin lukutaito. Tämä edellyttää myös tietoa ja ymmärrystä niistä tekijöistä, jotka vaikutta-

vat siihen, että toiset ihmiset omaksuvat helposti uusia teknisiä asioita ja toiset eivät. Digiajan kansalaisen perustaidot, joilla hän selviää laitteista ja laitemaailmasta, ymmärtää virtuaalimaailmaa ja siinä toimimista sekä osaa luoda itse verkostoja, tulisi määritellä. Näitä taitoja tulisi sisällyttää kaikkien koulutukseen.

Elämänhallinta arjessa

Eri-ikäisten ihmisten arkiselviytyminen tulee vaikeammaksi yhteiskunnan ja kotitalouksien teknistyessä. Kaikki eivät selviä em. "digiajan kansalaisen perustaidoilla" edes lähiympäristössään, kuten kotona. Eri-tyisryhmien, kuten vanhusten, arkea voidaan tukea teknologisilla innovaatioilla, jotka ottavat huomioon esim. iän vaikutukset vaikkapa aistitoimintoihin. Samoin on aiempaa systemaattisemmin otettava huomioon lääketieteellinen tieto eri sairauksien vaikutuksista toimintakykyyn. (vrt. myös kohta oppivasta ja muuttuvasta teknologiasta).

Tähän alueeseen kuuluvat oppimisen ja elämän eri osa-alueiden hallintavälineet. Laajalti voidaan katsoa, että ihmisen on jatkuvasti sovellettava kokemustaan ja oppimaansa toiminnassaan ja kyettävä oppimaan/adaptoitumaan uusiin tilanteisiin. Tunnistamalla em. toimintoihin vaikuttavia rajoitteita voidaan kehittää lähestymistapoja, joilla rajoitteiden haitta minimoidaan tai kierretään. Tämä voi tapahtua esim. tuottamalla ratkaisuja, joissa hyödynnetään muiden toiminnan osaamisalueiden vahvuuksia.

Tällä alueella on runsaasti tutkimus- ja kehittämistoimintaa, sovellusten laajamittainen implementointi käytäntöön on vasta tulossa. Ihmisten elämänhallinnan taitojen vahvistaminen kompleksisissa ja nopeasti muuttuvissa olosuhteissa vaatii laajaa teknisten alojen, lääketieteen ja esim. käyttäytymistieteiden eri alueiden yhteistyötä.



Monikulttuurisuus ja sosiaalinen monimuotoisuuden tukeminen

Suomi monikulttuuristuu, asenteet eivät. Monikulttuurisuuden, erilaisuuden ja eriuskontoisuuden syvälinen ymmärtäminen ja hyväksyminen ovat autoritaarisen ja suvaitsemattoman persoonallisuuden ja toimintatavan merkittävin ehkäisykeino. Tulisi löytää uudenlaisia sosiaalisia innovaatioita, joiden seurauksena syntyy syvenevää monikulttuurisuutta suomalaisen yhteiskuntaan. Tätä monikulttuurisuutta, identiteettejä, kestämistä ja sietämistä voidaan käyttää hyväksi etsittäessä strategioita kansakunnan selviämiseksi globalisoidussa ympäristössä. Kulttuurin ja kehityksen näkökulmasta voidaan puhua oppijan koulutettavuudesta, muuttuvuudesta ja muokattavuudesta.

Osa kysymyksistä on suoraan sosiaali- ja kulttuurialan perustutkimusta. Ranskan taannoisten mellakoiden tarkka jälkianalyysi tulee kertomaan meille paljon siitä, mitä ja miksi pitää tutkia.

Oppimista tukeva elinympäristö

Yhteiskunta on eriarvoistumassa sitä mukaa, kun tiedonsaantimahdollisuudet monipuolistuvat. Oppimista voi tapahtua kokoa ajan ja kaikkialla. Oppimiseen liittyy samanlainen kaikkiallisuus kuin tietoonkin. Oppimismahdollisuuden muuttuminen todelliseksi oppimiseksi edellyttää sopivaa ympäristöä. Elinympäristössä on monia tekijöitä, jotka voivat tukea jatkuvaa oppimista ja tarjota mahdollisuuksia oppimiseen. Asuin- ja toimintaympäristöjen suunnittelulla voidaan vaikuttaa eriarvoistumiseen. Koska oppimista tapahtuu yhä enemmän koulun ja muodollisen koulutuksen ulkopuolella, olisi tärkeää tietää, millainen ympäristö voisi parhaiten tukea oppimista. Samaan tapaan kuin elinikäinen oppiminen kattaa erilaisia oppimistapahtumia elämän eri vaiheissa, tarvitaan myös erilaisia oppimisympäristöjä eri vaiheissa elämää. Lasten ja nuorten oppimisen kannalta on asuin- ja elinympäristö tärkeä.

Se voi joko tukea tasapuolista oppimista tai sitten lisätä nuorten eriarvoisuutta. Aikuisilla työympäristö on kaikkein tärkeimmässä roolissa. Eläkeläisillä ja vanhuksilla painopiste on taas asuinympäristössä.


Oppiminen on yhä enemmän kollektiivista (hajautunut älykkyys) ja työtä tehdään hajautetusti. Oppimisympäristö käsittää myös erilaisia verkostoja ja virtuaalisia ympäristöjä.

Oppimista tukeva ympäristö on myös työpaikan ympäristö. Isojen yritysten ulkoistaminen ja oman osaamisen myyminen eri verkostoihin lisäävät paikallisten oppimisen tukipalvelujen merkitystä. Yksi kriteeri pienten yritysten sijoituspäätöksille voi hyvinkin olla tarvittavien oppimisen tukipalvelujen saatavuus. Jonkun alueen yrityskeskittymän oppimispalvelut, samoin erilaiset henkilöstöpalvelut voidaan hyvin hoitaa keskitetysti yhdestä paikasta. Sama taho voi toimia linkkinä erilaisten opintuottajien ja alueen yritysten kesken. Näitä toimintamalleja tulisi myös selvittää ja kehittää.

Oppimista tukevien ympäristöjen tutkimus on ollut varsin hajanaista. Stanfordissa on esimerkiksi insinöörien toimesta alettu mallintaa oppimista tukevia ympäristöjä ja hakea sellaisia elementtejä, jotka ovat yhteisiä oppimista tukevalle elinympäristölle. Arkkitehdit ovat tulleet mukaan oppimistutkimukseen viime vuosina. Tarvitaan kuitenkin paljon enemmän poikkitieteellistä näkemystä asuin-, työ- ja verkkoympäristöjen kehittämisessä.

Osaamisalueen tärkeys

Yhteiskunnan tasapainoisen kehityksen kannalta kansalaisten teknologia- ja valmiudet selviytyä monimutkaistuvissa ympäristöissä voidaan varmistaa. Oppimista tukevan elinympäristön tunteminen on keskeinen osa elinikäisen oppimisen toteutumista. Oppimisen kaikkiallisuus ei voi toteutua, jos emme osaa luoda, kehittää ja rakentaa



elinympäristöjä myös jatkuvan oppimisen kannalta. Myös kansalaisoikeuksien ja täysimittaisen yhteiskunnallisen osallistumisen turvaamisen kannalta alue on tärkeä.

Osaamisalueen kaupalliset mahdollisuudet

Oppimista tukeva elinympäristön osaamisalue on vielä varsin uutta. Kun jatkuva oppiminen on kuitenkin kaikkialla maailmassa välttämätöntä, tarvitaan joka puolella tietoa siitä, millaisia ympäristöjä tulisi rakentaa jatkuvaa oppimista tukemaan. Tämän tiedon sovelluksina voidaan varmasti kehittää myös paljon erilaisia tuotteita ja teknisiä ratkaisuja, joilla on globaalit markkinat. Oppimista tukevia elinympäristöjä voidaan myös soveltaa kehittyvien maiden asukkaiden hyväksi ja auttaa näitä maita ehkä vähän paremmin kirimään kiinni kehittyneiden maiden osaamisen ja oppimisen etumatkaa. Se on kuitenkin välttämätöntä, jos halutaan näiden köyhien maiden nuorten joskus voivan osallistua globaaliin työhön.

Toimenpidesuosituksia

Tämän osaamisalueen kehittämiseksi tarvitaan monitieteistä tutkimusta ja sosiaalisten innovaatioiden kehittämistoimintaa, jossa yhdistyvät tiedon luomisprosessien osaaminen, oppimistutkimus, tietotekniikan kehitys, yritystoiminnan kehitys, kulttuuriantropologinen osaaminen ja arkkitehtoninen osaaminen.

- Koska tarvittava osaaminen on hajallaan, tulisi aloitteen tulla esim. Suomen Akatemialta, joka voi koota tarvittavia monitieteellisiä tutkijaryhmiä. Ongelmaksi voi muodostua tutkimuksen laaja-alaisuus ja tulosten vaikutusten näkyminen vasta pitkällä aikavälillä.
- Digiajan kansalaisten perustaitojen selvitys tulisi toteuttaa esim. oppimisen yhteistyöverkoston CICERO:n toimesta. Näistä taidoista tulisi muoka-

ta eri tavoin ihmisille jaettavia oppipaketteja. Yhtenä mahdollisuutena voisi olla yhteistyö Ylen kanssa. Television välityksellä voidaan tavoittaa iso osa kansalaisia ja hyödyntää mahdollisimman tehokasta viestintää. Televisio-ohjelmia voidaan käyttää myös kouluissa ja aikuisopetuksessa.

Kohti oppivaa yhteiskuntaa

Oppivien kansakuntien hyvinä kansainvälisinä esimerkeinä on pidetty Singaporea, Irlantia ja Tanskaa. Nämä maat ovat uudistuneet jatkuvasti ja rakentaneet hyvinvointiaan nopeammin kuin muut maat. Singapore rakensi asemansa tuotannon osajana ja houkutteli kansainvälisiä suuryrityksiä maahan lupaamalla korrup-tiovapaan ja sujuvan asioiden hoidon sekä koulutetun työvoiman. Irlanti panosti heti EU-jäsenyyden alkumetreiltä IT-alan koulutukseen ja alan yritysten houkuttamiseen monilla tukitoimilla. Tanska on puolestaan ollut jatkuvasti yksi Euroopan vauraimpia maita ilman mitään merkittäviä luonnonvaroja. Se on luonut sosiaalisia innovaatioita ja ennakkoluulottomia toimintamalleja työpaikkojen synnyttämiseksi ja yritysten kilpailukyvyyn tukemiseksi.

Suomi on noussut maailman kartalle tietoyhteiskunnan edelläkävijänä. Suomi on kuitenkin ollut teknologiavetoinen tietoyhteiskunta. Painopistettä tulisi nyt siirtää teknologian tuottamisesta teknologian entistä tehokkaampaan soveltamiseen ihmisen palvelijaksi. Oppiminen on kaikkialla entistä tärkeämpää. Muita nopeammalla oppimisella hankitaan kilpailuetu. Oppimisen mahdollisuuksiin ja toteutukseen vaikuttaa eniten nopeasti kehittyvä tietotekniikka. Suomella olisi hyvät mahdollisuudet kehittää oppimiseen liittyvä teknologioita ja oppimista tukevaa teknologiaa maailman kärkeen ja maailman markkinoille. Meillä on tekniikan osaamisen vahvuus, ja nyt on myös otettu ensi askeleita oppimisen monitieteisen tutkimisen saralla. Tätä kehitystä tulisi vahvistaa.



Edellä kuvatut osaamisalueet korostavat kaikki tietekniikan käyttöä, mutta ei tekniikan itsensä vuoksi, vaan sen soveltamiseksi inhimillisen toiminnan tueksi. Vaikka toimintaympäristö teknistyy, tulisi myös tukea käytännön osaamista (mm. käden taidot) ja ihmisten monipuolista yleissivistystä sekä pohtia kulttuurin ja taidealojen roolia oppimisen edistämässä ja tukemisessa.



FINNSIGHT 2015



2. Palvelut ja palveluinnovaatiot

Puheenjohtajat

Tutkimusprofessori *Jaakko Kiander*, VATT
toimitusjohtaja *Pertti Ura*, Lappset Group Oy

Paneelin jäsenet

Kaj Hedvall, Senaatti-kiinteistöt
Marja Toivonen, TKK/Innovation management
Göte Nyman, HY/psykologia
Lauri Törhönen, TaidTKK
Liisa Uusitalo, HKKK/markkinointi
Strömberg Juhani, Suomen Posti Oyj
Markku Pekurinen, Stakes
Johanna Leskinen, Kuluttajatutkimuskeskus
Marianne Aav, Design-museo

Palveluihin lisää tuottavuutta

Kansantalouden keskimääräisessä tuottavuuden tasossa ja henkeä kohti lasketussa bruttokansantuotteessa Suomi on lähellä vanhojen EU-maiden (EU15) ja eurooppalaisten OECD-maiden keskiarvoja. Suomen tulotaso on jopa hieman keskiarvon yläpuolella. Tämä johtuu kuitenkin suomalaisten keskimääräistä suuremmasta työpanoksesta. Työn tuottavuus on Suomessa länsieurooppalaisen keskiarvon alapuolella. Tämä johtuu pitkälti eri toimialojen välisistä suurista tuottavuuseroista.

Kansantalouden keskimääräisen tuottavuuden parantaminen edellyttää selvää tuottavuusparannusta matalan tuottavuuden aloilla. Suomessa suurin osa matalan tuottavuuden aloista on palvelutoimialoja. Useimmat niistä toimivat aiemmin kansainväliseltä kilpailulta suojattuina. Toiminta pienillä ja suojatuilla kotimarkkinoilla on rajoittanut markkinoiden kilpailullisuutta ja samalla myös estänyt mittakaavaetujen tehokkaan hyödyntämisen. Markkinoiden avoimuus ja sääntelyn purkaminen ovat keinoja parantaa sekä työn että pääoman tuottavuutta näillä matalan tuottavuuden toimialoilla. Toisaalta myös osaamispääoman kasvattaminen ja nykyistä laajempi ja määrätietoisempi tuotekehitys voisivat auttaa asiassa.

Tuottavuuden kasvu muodostuu teknologisesta kehityksestä sekä tehokkuutta ja skaalaetuja lisäävistä organisatorisista, hallinnollisista ja rakenteellisista vaikutuksista. Vaikutusta on myös johtamistavoilla ja teknisillä muutoksilla. Tuottavuus kasvaa, kun otetaan käyttöön parempaa tekniikkaa tai kun työ organisoidaan entistä tehokkaammin. Usein teknologinen kehitys on asteittaista, ja se perustuu jo olemassa olevan teknologian hyödyntämiseen.

Uuden teknologian käyttöönoton ja innovaatioiden synnyn kannalta tärkeää ei ole vain tutkimus ja kehitys, vaan myös talouden kyky omaksua uutta, muualla kehitettyä teknologiaa. Usein tämä edellyttää liiketoimintaosaamista – kykyä luoda uusia tuotteita, tuotemerkkejä, palvelukonsepteja ja entistä tehokkaampia tapoja organisoida toimintoja.

Jos ne keskeiset palvelutoimialat, jotka Suomessa tällä hetkellä ovat vielä kaukana globaalista tuottavuusrintamasta, onnistuisivat saavuttamaan kiinni edistyneimpien maiden etumatkaa tuottavuudessa, koko kansantalouden tuottavuus voisi kasvaa edelleen verrattain nopeasti. Tämä edellyttää todennäköisesti paitsi lisääntyvää kilpailua ja markkinoiden avautumista edelleen, myös kasvavaa tutkimus- ja kehityspanostusta teknologian ja liiketoimintamallien kehittämiseen.

Paitsi toimialojen väliset, myös eri alueiden väliset tuottavuuserot ovat Suomessa huomattavan suuria. Niiden syynä on maan harva asutus, pitkät etäisyydet ja alueellisten markkinoiden pienuus. Alue-erojen kaventaminen edellyttää paitsi aluerakenteen muutosta ja asutuksen keskittymistä – nämä muutokset ovat käynnissä jatkuvasti – myös investointeja liikenneinfrastruktuuriin. Näin työssäkäynti- ja talousalueita voidaan laajentaa ja kasvukeskusten vaikutusta levittää kauemmas.

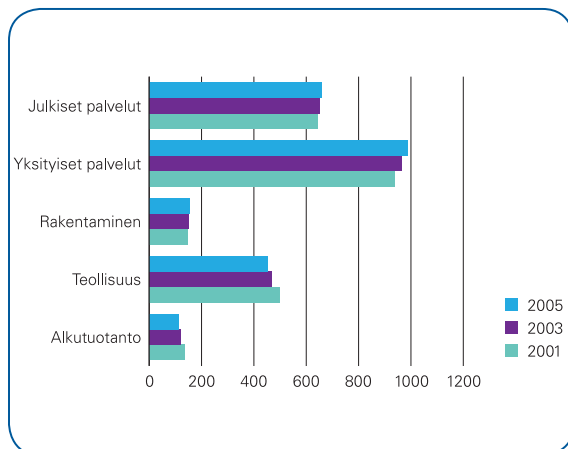
Tässä raportissa hahmotellaan ennakoitujen tuloksena syntyneitä arvioita niistä muutostekijöistä, jotka kohdistuvat Suomen palvelutoimialoihin seuraavien kymmenen vuoden aikana. Muutostekijöiden pohjalta paneelimme esittää joukon osaamisalueita, joita kehittämällä palvelualojen laajuutta ja tuottavuutta voitaisiin edistää.



Muutostekijät

Globaalit muutostekijät

Nykyisessä jälkiteollisessa yhteiskunnassa palvelujen merkitys on suuri. Palvelut työllistävät Suomessa noin kolme neljäsosaa työvoimasta. Alkutuotannon ja teollisuuden työvoimaosuudet ovat supistuneet jo pitkään. Palvelut puolestaan jakautuvat hyvin selvästi julkisen sektorin (Suomessa lähinnä kuntien) tuottamiin julkisiin palveluihin ja yritysten tuottamiin palveluihin. Niiden molempien työllisyys kasvaa jatkuvasti (kuva 1). On verraten riskitöntä olettaa, että vuoteen 2015 mennessä sekä yksityiset että julkiset palvelut jatkavat paitsi absoluuttista, myös suhteellista kasvuaan.



Kuva 1. Päätoimialojen työllisyys Suomessa

Keskeisiä palvelualoja ovat julkiset palvelut, kauppa, liikenne sekä hotelli- ja ravintolatoiminta. Vuoteen 2015 mennessä näillä aloilla ei tapahdu ratkaisevaa muutosta. Kauppa, liikenne ja ravintolat toimivat vuonna 2015 suurelta osin samalla tavoin ja samanlaista teknologiaa käyttäen kuin vuosina 2005 ja 1995. Pal-

velualat ovat kuitenkin kasvualoja. Todennäköisesti nopeimmin kasvavat liike-elämän palvelut.

Teknologinen kehitys ja tuottavuuden kasvu palvelualoilla on hitaampaa kuin teollisuudessa. Tämä johtuu siitä, että palvelut ovat tyypillisesti työntensiivisiä. Toimintoja voidaan järjestää entistä tehokkaammin, mutta työpanosta on palveluissa vaikeata korvata pääomalla tai tietotekniikalla. Pankkitoiminnassa tämä on ollut mahdollista, mutta henkilökohtaisissa palveluissa näin on tehty vain vähäisessä määrin. Toisaalta talouden kasvumahdollisuuksien kannalta on yhä tärkeämpää, että palvelutoimialojen tuottavuutta pystytään kasvattamaan. Osittain tämä on mahdollista niin, että sovelletaan muualla kehitettyjä tehokkaita toimintatapoja, osin taas tarvitaan uusia palveluinnovaatioita.

Keskeisiä palveluihin vaikuttavia muutostekijöitä ovat globaalitalouden muutokset, väestön ikääntymisen sekä teknologisen kehityksen ja tulotason nousun aikaansaamat muutokset. Globaalin työnjaon muutos koskettaa kaikkia kansainväliselle taloudelle avautuneita maita. Vanhoissa teollisuusmaissa perinteisen teollisuuden osuus taloudellisesta tuotannosta ja työllisyydestä vähenee, ja palvelutoimialojen merkitys vastaavasti kasvaa. Maailmankaupan vapautumisen ja taloudellisen integraation vuoksi palvelualat avautuvat entistä enemmän kansainväliselle kilpailulle.

Palvelujen osuus globaalista bruttokansantuotteesta kasvaa edelleen, ja palvelusektorin oma, toimintatapoihin ja tehokkuuteen liittyvä kehitys jatkuu. Yritykset jatkavat kansainvälistymistä, omaksuvat tehokkaampia toimintatapoja ja hyödyntävät informaatioteknologiaa. Nämä kaikki ovat tärkeitä tuottavuuskehityksen moottoreita. Voimme arvioida, että vuonna 2015 markkinoilla on uudenlaisia palveluja, joita vielä nyt ei ole. Lisäksi huomattava osa nykyisistä palveluista tuotetaan aiempaa tehokkaammin ja siten, että asiakkaiden tarpeisiin vastataan paremmin. Öljyn



kallistuminen edelleen saattaa kiihdyttää tätä kehitystä.

Maiden ja alueiden välisten kustannuserojen hyödyntäminen johtaa siihen, että merkittävä osa yksinkertaisista neuvontapalveluista – niin julkisella kuin yksityiselläkin sektorilla – toteutetaan ulkoistettuna palveluna ns. call center -konseptilla. Kehitys luo mahdollisuuksia työpaikkojen synnylle pääkaupunkiseudun ulkopuolella. Toisaalta osa palveluista siirtyy halvemman työvoiman maihin – niin sanotulla offshoringilla on kasvava merkitys myös palvelualoilla.

Palveluiden kysyntä jakautuu tulevaisuudessa nykyistä selkeämmin erilaisten markkinoiden kesken. Eräille palveluille muodostuu globaalit markkinat. Tällaisia ovat tieteellinen tutkimus, langaton viestintä, informaatiojärjestelmät, kulttuuri-, design- ja viihdepalvelut sekä erilaiset matkailuun ja liikenteeseen liittyvät palvelut. EU:n sisämarkkinoiden kehittyminen luo muutamille palveluille eurooppalaiset markkinat; tällaisia ovat rakentaminen ja vähittäiskauppa sekä monet liike-elämän palvelut. EU:n sisämarkkinoiden yhdenmukaistamispyrkimykset luovat paineita avata myös sosiaali- ja terveysalan markkinoita sekä kotimaisille että ulkomaisille yritystoimijoille. Kansainvälistymisen vastapainoksi on kuitenkin muistettava monien palveluiden olevan sellaisia, että niiden tuottaminen rajoittuu kansalliselle tai jopa alueelliselle tasolle. Tällaisia ovat useimmat opetus-, sosiaali- ja terveydenhoitopalvelut sekä kansalliseen kulttuuriin ja tiedonvälitykseen liittyvät palvelut.

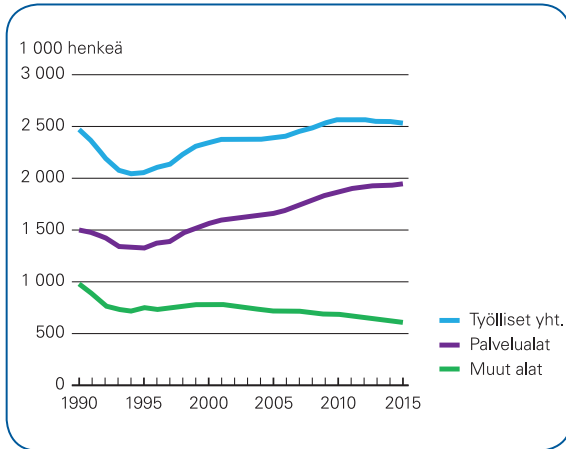
Arkielämä on organisoitunut perinteisesti asumisen ja siihen liittyvien kotitöiden (kotitaloustuotannon) ympärille. Jatkossa kotitöitä ulkoistetaan aiempaa enemmän, ja ne toteutetaan markkinavetoisesti. Tällä hetkellä markkinapalveluita käytetään eniten remonteissa ja siivouksessa, joista varsinkin jälkimmäinen on kasvua. Vuoteen 2015 mennessä näiden palvelujen kysyntä kasvaa. Kehitystä vauhdittavat väestön

ikäntyminen, työn ja perheen yhteensovittamisongelmat, tarjonnan kasvu, kotitalousvähennys ja erityisesti se, että asenteet muuttuvat myönteisiksi palvelujen käytölle. Markkinaistumiskehitystä edistää palveluihin tottuneiden uusien sukupolvien kasvava kysyntä sekä vapautta ja valinnanmahdollisuuksia korostava asenneilmasto. Markkinapalvelut koetaan myös välttämättömiksi julkisen sektorin palvelutuotannon täydentäjiksi.

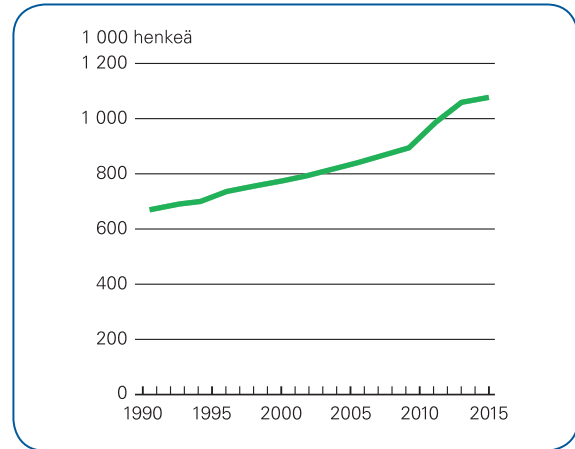
Yksityiset kotitalouspalvelumarkkinat ovat toistaiseksi nuoret. Kuluttajälähtöistä tutkimusta tarvitaan arkitutiineja helpottavien, käyttäjälähtöisten palvelujen kehittämiseksi ja tuotteistamiseksi yrityksissä. Tutkimusta tarvitaan myös optimaalisten palvelumarkkinoiden aikaansaamiseksi. Kuluttajat kaipaavat palveluja kodin tietotekniisiin ongelmiin, turvajärjestelmiin sekä henkilökohtaisen hyvinvoinnin edistämiseen. Tärkeää on palvelujen saaminen kotiin. Kotitalouspalveluihin liittyy runsaasti innovaatio- ja kehittämispotentiaalia.

Globaalin työnjaon ohella toinen palvelualojen merkitystä lisäävä tekijä on tulotason kasvu. Kansantalouden kasvun voi odottaa jatkuvan kohtuullisen nopeana ainakin vuoteen 2015 asti. Tämä merkitsee sitä, että useimpien kotitalouksien reaalitytulot kasvavat. Tulojen kasvu lisää kaikkien palveluiden kysyntää. Samanaikaisesti yrity maailman muutokset luovat kasvua liike-elämän palveluihin. Suomen osalta voi arvioida, että palvelualojen tuotanto kasvaa vuodesta 2005 vuoteen 2015 mennessä noin kolmanneksen ja palvelualojen työpaikat lisääntyvät noin 20 prosenttia (tällöin vuosien 2005–2010 kehitys olisi samanlainen kuin edellisen kymmenvuotiskauden eli vuosien 1995–2004 kehitys). Käytännössä tämä merkitsee noin 300 000 uuden työpaikan syntymistä palveluelinkeinoihin (kuva 2). Noin kolmasosa tästä kasvusta on julkisten palveluiden kasvua. Edessä voi olla työvoimapula.

Voimme ennakoida, että samanaikaisesti palvelukysynnän määrällisen kasvun kanssa myös kuluttajien



Kuva 2. Työllisyyden kehitys vuoteen 2015 mennessä



Kuva 3. Väestön ikääntyminen. Yli 65-vuotiaiden lukumäärän kehitys 1990–2015


laatuvaatimukset kasvavat. Tämän seurauksena palvelumarkkinat eriytyvät – toisaalta edullisesti tuotettuihin massapalveluihin (esim. hypermarketit ja halpamatkat) ja toisaalta kalliisiin, pienten kuluttajaryhmien tarpeiden mukaan räätälöityihin erikoispalveluihin (gourmet-ravintolat ja luksuslomat). Tästä seuraa, että palvelusektorin pitää pystyä vastaamaan asiakkaiden muuttuviin ja kasvaviin tarpeisiin uusilla tuotteilla ja laadun parantumisella sekä samanaikaisella toimintojen tehostamisella. Jos kotimainen palvelutuotanto ei kykene vastaamaan kasvavaan ja muuttuvaan kysyntään, kasvava osa siitä suuntautuu ulkomaille.

Kolmas suuri muutostekijä on väestörakenteen muutos. Väestö vanhenee kaikissa teollisuusmaissa, myös Suomessa (kuva 3). Samalla maahanmuutto ja väestön alueellinen keskittyminen lisääntyvät. Myös nämä muutokset lisäävät palvelujen kysyntää ja luovat paineita julkisen palvelutuotannon rakenteiden uudistamiseen. Väestön ikääntyminen kasvattaa palvelujen kysyntää ja luo tarpeen erityisesti yli 50-vuotiaille suunnatuille palveluille. Ikääntymisen ohella väestö-

rakennetta muuttaa voimakkaasti lisääntyvä maahanmuutto.

Palvelutoimialojen merkitys siis kasvaa ja kehitystarpeita on. Siksi entistä enemmän tutkimus- ja kehitysvaaroja tulisi suunnata uusien, digitalisointiin perustuvien palvelujen sekä niihin perustuvien kansainvälisten liiketoimintamallien kehittämiseen. Jos tässä ei onnistuta, uhkana on Suomen ajautuminen palvelualoilla tytäryhtiötaloudeksi, jolloin kaikki kehittäminen tapahtuu muualla ja kansallinen innovaatiojärjestelmä näivettyy. Suomen mahdollisuutena on hyödyntää pienen ja teknologisesti kehittyneen maan joustavuutta.

Palveluinnovaatioiden onnistuneisuutta tulee arvioida niiden markkinoiden näkökulmasta, joille innovaatiot on tarkoitettu. Ei ole tarkoituksenmukaista tukea vain globaalimarkkinoille tarkoitettuja innovaatioita ja hyljeksiä kotimarkkinoita. Usein on järkevää kehittää prototyyppisiä ja konsepteja ensin suppeille markkinoille.



Informaatioteknologian nopean kehityksen ansiosta palveluja voidaan entistä enemmän automatisoida ja sähköistää. Palvelutuotannon tuottavuuden kasvattaminen on perinteisesti ollut vaikeaa, mutta osa palveluista on sellaisia, että ne voidaan tietotekniikkaa käyttämällä automatisoida. Tuottavuuskehitys onkin nopeinta niissä toiminnoissa, joita voidaan standardisoida ja digitalisoida. Tällaisia ovat mm. taloushallintoon ja tietojenkäsittelyyn liittyvät palvelut. Kyseessä ovat tällöin liike-elämän palvelut, tietoliikenne sekä rahoitus- ja vakuutustoiminta.

Palvelujen sähköistyminen lisää niiden verkostomaisia ulkoisvaikutuksia; niitä synnyttävät esim. ad hoc -standardit. Nämä saattavat nopeasti muuttaa kilpailutilanteita ja markkinaosuuksia. Pienen maan kannalta on tärkeää olla mukana niissä prosesseissa, joissa globaaleja käytäntöjä luodaan.

Palveluiden sähköistyminen ja laaja tukeutuminen tietoverkkoihin tuo myös riskejä. Nykyisenlaisen sähköisen viestinnän verkon on ennustettu hajoavan monien ongelmiansa vuoksi. Siksi on varustauduttava uusiin verkkojen arkkitehtuureihin ja niihin liittyviin "ihmiskeskeisiin" ominaisuuksiin, jotka koetaan riittävän houkutteleviksi. Uhkana on lähinnä investointi kehitykseen, joka kohtaa tiensä pään pian. Monet sovellusinvestoinnit pitävät sisällään tällaisia uskomuksia kehityksen suunnan pysyvyydestä. Tarvitaan vaihtoehtoisia näkymiä ja niitä koskevaa riskialtista kehittämistä ja kokeilua.

Verkostomainen toimintamalli on nopeasti yleistynyt. Syynä on organisaatioiden halu keskittyä ydintoimintaansa. Hajautetun organisaation johtaminen generoi uusia palvelutarpeita, varsinkin osaamisintensivisiä liike-elämän palveluja. Verkostojen hallinta edellyttää tehokasta organisaatioiden välistä tiedonsiirtoa, mikä osaltaan luo tarpeita kehittää yhteisiä tiedonvälitysprotokollia. Tämän vuoksi tarvitaan panostusta verkostomaisten yritysten ja organisaatioiden johtamisen

ja käyttäytymisen tutkimukseen. Palvelut ja niihin liittyvät konseptit ja järjestelmät tulevat standardoitumaan, sillä sopeuttamiskustannukset räätälöityihin toimintoihin ovat liian korkeita.

Muuttuva aluerakenne

Suomen aluerakenne jatkaa muutostaan. Entistä suurempi osa väestöstä siirtyy asumaan aluekeskuksiin. Harvaan asuttu maaseutu autioituu. Kasvukeskusten sisällä yhdyskuntarakenne muuttuu vähitellen pois vanhasta kerrostalovaltaisesta rakenteesta kohti alueellisia kauppakeskuksia ja kasvavaa pientaloasumista. Kehitys on osin omalakista, ja se heijastelee asukkaiden omia pyrkimyksiä ja arvostuksia. Samalla esteettisestä ympäristöstä tulee entistä tärkeämpi alueellinen kilpailutekijä. Kasvukeskuksissa palvelujen tarve kasvaa nopeasti. Alerakenteen muutos luo tarpeen kehittää uusia pientalovaltaisia asuinalueita ja asumisratkaisuja. Asukkaat kaipaavat viihtyisiä ja toimivia kauppa- ja palvelukeskuksia sekä niihin liittyviä logistisia ratkaisuja.

Suurten ikäluokkien eläköityminen 10–15 vuoden sisällä saattaa hieman jarruttaa keskittymiskehitystä. Vaikka väestö keskittyy kasvukeskuksiin, monet haluavat samalla viettää entistä enemmän aikaa vapaa-ajanasunnoilla. Yli 400 000 kesämökistä suuri osa on talviasuttuja ja sähköistettyjä. Mökit ovat enimmäkseen keski-ikäisten omistuksessa, ja juuri he suunnittelevat osittaista maaseudulle muuttamista. Voimistuvan vapaa-ajan asutuksen seurauksena voi syntyä elinvoimaisia "hajakeskittyviä" maaseutuympäristöissä. On selvää, että maaseudulla lisääntyy vapaa-ajan asumiseen liittyvien korjaus- ja kunnossapitopalveluiden tarve. Tämän kehityksen kannalta kriittinen ja molempiin suuntiin vaikuttava tekijä on kuitenkin peruspalvelujen, erityisesti terveydenhuollon, saatavuus.



Julkisten palvelujen kysyntä kasvaa

Tulevaisuudessa terveys- ja hoivapalvelujen kysynnän odotetaan kasvavan. Myös palveluihin liittyvät laatuvaatimukset kohoavat. Terveystieteiden asiakkaat haluavat parempia ja kalliimpia hoitoja. Paine kohdistuu ensisijaisesti julkisen sektorin tuottamiin terveys- ja sosiaalipalveluihin, mutta myös yksityisten ja räätälöityjen palvelujen kysyntä kasvaa. Teknologia ei korvaa työvoimaa, vaikka uudet lääkkeet vähentävätkin jonkin verran hoidon tarvetta. Valtio ja kunnat yrittävät jarruttaa väistämätöntä sosiaali- ja terveysmenojen kasvua, mikä voi kuitenkin osoittautua vaikeaksi eläkeläisten poliittisen vaikutusvallan kasvaessa.

Väestörakenteen muutos vaikuttaa useampaan suuntaan. Ikäihmisten määrä, hoito- ja hoivapalvelujen tarve ja menot tulevat merkittävästi nousemaan. Lasten ja nuorten määrän samanaikainen väheneminen vaikuttaa vastakkaiseen suuntaan; päivähoitoon ja koulujen tarve vähenee, mikä vähentää voimavarojen tarvetta ja menoja. Toisaalta koulutuksen laatua halutaan parantaa. Suurten ikäluokkien siirtyessä eläkkeelle kotimainen työvoiman tarjonta vähenee ja kilpailu osavasta työvoimasta kiristyy. Hoiva- ja hoitoalan kasvava työvoiman tarve ja sen vähenevä tarjonta voivat synnyttää merkittäviä tasapaino-ongelmia.

Kansalaisten odotukset kasvavat koulutustason ja elintason noustessa. Ihmiset osaavat vaatia enemmän ja ovat helposti pettyneitä julkisten palveluiden laatuun. Kuluttajat asettavat entistä korkeammat standardit palveluympäristöille, henkilökunnan osaamiselle, ammattitaidolle ja paneutumiselle. Odotuksiinsa pettyneet asiakkaat siirtyvät muualle tai vetäytyvät julkisista palveluista yksityisten palveluiden käyttäjiksi, mikä voi pidemmän päälle johtaa palvelujärjestelmän segregatioon ja nykyisenkaltaisten julkisten palvelujen vaarantumiseen.

Nämä muutostekijät luovat entistä suurempia paineita julkisen terveydenhuollon rakenteelliseen uudis-


tamiseen sekä hoito- ja järjestelyinnovaatioihin. Keskeinen haaste on kehittää sellaisia palveluja ja teknologioita, joilla hoito- ja hoivahenkilöstön tarvetta voidaan vähentää ja siten parantaa olennaisesti alan tuottavuutta. Muutossuunta edellyttää merkittävää panostusta järjestelmätutkimukseen ja palvelujärjestelmää koskevien innovaatioiden kehittämiseen. Samoin tarvitaan panostusta terveydenhuollon asiakkaiden oman selviytymiskyvyn ja itsehoidon apuvälineiden kehittämiseen. Muutostekijät korostavat julkista ja yksityistä palvelujärjestelmää, infrastruktuuria ja poliittisen päätöksenteon rakenteita koskevan tutkimuksen tarvetta. Uudistusten tulisi perustua tutkittuun tietoon.

Työntekijöiden neuvotteluasema paranee joillakin aloilla

Väestön ikääntyminen ja hoivapalvelujen kysynnän kasvu johtavat työvoimapulaan, jonka seurauksena työntekijöiden neuvotteluasema paranee varsinkin hoiva-aloilla. Tämä johtaa työntekijöiden suhteellisten palkkojen nousuun. Työvoimapulan ratkaiseminen edellyttää uusien palkkausperiaatteiden ja -mallien kehittämistä sekä hyvää ymmärrystä palkkauksen toimivuuden edellytyksistä. Tätä tietoa on Suomessa vähän. Suuri haaste on myös kehittää työelämän sosiaalisia suhteita ja menettelytapoja, jotka antavat ihmisille tunnustusta ja arvostusta ja ottavat työntekijät huomioon kokonaisina ihmisinä, joilla on perhe ja elämässä muitakin intressejä kuin työ. On tärkeää pystyä houkuttelemaan työntekijöitä pysymään ja viihtymään töissä nykyistä eläköitymisikää vanhemmiksi.

Vapaa-aika jakaantuu epätasaisesti

Väestön vapaa-aika lisääntyy tulevaisuudessa, mutta se jakaantuu entistä epätasaisemmin. Ikääntyminen kasvattaa työelämän ulkopuolella olevien määrää. Vapaa-aikaa viettävien aikuisten määrä kasvaa. Tämä



kasvattaa myös erityisesti eläkeikäisen väestön vapaa-aikaan liittyvien palvelujen kysyntää. Toisaalta voidaan myös arvioida, että koko 1900-luvun ajan jatkunut keskimääräisen työajan lyheneminen on tällä erää päättynyt. Jatkossa ydintyövoimaan kuuluvien koulutettujen työntekijöiden työajat voivat jopa pidentyä. Tämän seurauksena avaintyövoima on kiireistä ja ostokykyistä. Se haluaa entistä enemmän arkirutiineihin liittyviä kotitalouspalveluja.

Vapaa-ajan arvostus ja lisääntyminen johtavat kasvavaan liiketoimintaan erilaisten vapaa-ajan tuotteiden ja palvelujen tuotteistamisessa. Hyvinkin erilaiset kuluttajaryhmät toimivat vapaa-ajan markkinoilla. Perinteiset vapaa-ajan harrastukset kuten ulkoilu, mökkeily ja puutarhanhoito säilyttävät merkityksensä, mutta niiden rinnalle tulee uusia. Vuonna 2015 vapaa-ajan kulumenomenojen osuus on kasvanut, ja sama ilmiö näkyy myös ajankäytössä. Ikääntyneen väestön vapaa-ajanvietto eriytyy muita kuluttajaryhmiä enemmän. Muutoksen takana ovat kansalaisten vaurastuminen, elinlän jatkuva piteneminen ja terveydentilan kohentuminen. Asennemuutokset lisäävät myös ikääntyneiden kulutushaluja. Mikäli ihmiset pysyvät pidempään työelämässä, vapaa-ajan määrä ei ehkä kasva odotetusti; toisaalta ikääntyvien kulutusresurssit kasvavat entistään.

Myönteinen kehitys avaa erinomaiset mahdollisuudet tuotteille ja palveluille, jotka suuntautuvat kotona vietettävään vapaa-aikaan (puutarhanhoito, sisustus) ja kodin ulkopuolisiin vapaa-ajan markkinoihin (matkailu, kulttuuri). Koska ikääntyvien määrä kasvaa koko ajan, erilaisten hyvinvointia lisäävien tuotteiden ja palvelujen markkinoille on avautumassa suuret mahdollisuudet, myös vientituotteiksi. Keskeiseksi kysymykseksi nousee palvelun ja teknologian yhdistävien innovaatioiden kehittäminen.

Vanhuspoliittisten strategioiden lähtökohta on, että tulevaisuudessa yli 90 prosenttia 75 vuotta täyttä-

neistä kansalaisista asuisi laitosten sijasta omissa kodeissaan. Tämä edellyttää kuitenkin paitsi vanhusväestön parantuvaa toimintakykyä, myös uusia ja erilaisia tukijärjestelyitä. Ne ovat enenevässä määrin teknologisia, ja niiden kehittämistarpeet lisäävät innovaatioiden kysyntää. Kuluttajat – myös nuoremmassa ikäluokissa – ovat jo nyt taipuvaisia kaikenlaiseen itsemonitorointiin.

Ei voida olla varmoja, jäävätkö ikääntyvien vapaa-ajan viettäjiä kasvavat kulutusresurssit kotimaahan vai siirtyvätkö kuluttajat enenevässä määrin aurinkorannoille. Paljon riippuu kotimaisten vapaa-ajan palveluiden kilpailukyvästä ja innovatiivisuudesta. Kansantalouden kannalta tämä on tärkeää. Jos kotimaan mahdollisuudet eivät ole riittävän houkuttelevia ja kilpailukykyisiä, kasvava osa kuluttajien vapaa-aikaan liittyvästä kysynnästä siirtyy ulkomaille.

Palvelujen digitalisoituminen jatkuu

Palvelut digitalisoituvat edelleen. Informaatioteknologian suomia mahdollisuuksia ei ole vielä läheskään täysimääräisesti hyödynnetty palvelualoilla. Kehitys tulee jatkumaan, ja uusia sovelluksia kehitetään.

Digitaalitekologian jatkuva kehittyminen mahdollistaa uusien sovellusten tunkeutumisen entistä syvemmälle talouden ja yhteiskunnan toimintaan sekä ihmisten elämään. Seuraavien kymmenen vuoden kuluessa tapahtuva kehitys tulee vaikutuksiltaan ylittämään viimeksi kuluneen vuosikymmenen kehityksen. Teknologian yleinen halpeneminen, paikkatieto, RFID (radio frequency identification), IP, uudet näyttöteknologiat jne. ajavat kehitystä eteenpäin. Samaan aikaan talouden ja yhteiskunnan infrastruktuuri digitalisoituu kiihtyvällä vauhdilla, mikä mahdollistaa syvät kerrannaisvaikutukset. Energian mahdollinen kallistuminen ei suinkaan hidasta tätä kehitystä vaan voi päinvastoin kiihdyttää sitä.



Digitalisoitumisen seurauksia on jatkuva ja laadukas visuaalinen läsnä- ja tarjollaolo yhteiskunnan kaikilla sektoreilla. Vuonna 2015 tämä ilmenee jo tilojen, rakennusten ja kalusteiden uusina piirteinä. Kehityksen hinta- ja tuotekehitys on ennustettavissa. Palveluita ja teollisuutta ohjaavaa vaikutusta pitäisi arvioida, ja avautuvat lisäarvot palveluissa olisi kyettävä näkemään.

Teknologiapalvelujen viennistä tulee kasvua

Suomen vahva teollinen ja teknologinen osaaminen mahdollistaa teknologiaan liittyvien suunnittelu- ym. palveluiden viennin kasvattamisen, vaikka varsinainen teollinen tuotanto siirtyisi muualle. Teollisen kilpailukyvyyn kannalta on tärkeää, että teknologiapalvelujen viennistä tulee kasvua. Tämä edellyttää jatkuvaa pyrkimystä kohti globaalia teknologian eturintamaa. Samoin Suomen teollisuustuotannon on keskityttävä yhä enemmän korkean jalostusarvon ja tietointensivisten tuotteiden valmistukseen ja suunnitteluun. Teknologiapoliitikan pitäisi edistää tällaista kehitystä. Suomalaisten pitäisi tehdä läpimurto erilaisten sovellusten ja platformien kehittäjänä maailmanlaajuisesti. Erityisesti suomalaisten alaa voisivat olla yhteiskunnalliset palvelut, yleishyödylliset kansainväliset palvelut sekä ympäristöpalvelut ja -teknologia.

Hoitoteknologian kehitys jatkuu

Hoitoteknologia kehittyi edelleen. Hoitoteknologioiden kehittäminen on kasvua, johon kohdistuu maailmalla kasvava kysyntä. Suomessa on runsaasti alan osaamista. Uuden teknologian (lääkkeet, koneet, laitteet) kehitys ja tarjonta kasvavat nopeasti, mikä samalla ainakin periaatteessa parantaa hoitomahdollisuuksia. Yksittäistä potilasta pystytään hoitamaan aikaisempaa yksityiskohtaisemmin. Paradoksaalisesti hoidon tehokkuuden kasvu voi johtaa siihen, että hoi-


tomahdollisuuksien ja taloudellisten rajoitteiden epäsuhta kasvaa – hoito olisi mahdollista, mutta siihen ei ole rahaa. Siitä huolimatta hoitoalan teknologisten innovaatioiden tarve ja kysyntä kasvavat. Samalla kasvua vaikuttavuudeltaan marginaalisten innovaatioiden tarjonta. Tulevaisuudessa on yhä tärkeämpää kyetä kehittämään kustannusvaikuttavuudeltaan kilpailukykyisiä palveluja ja tuotteita. Erityisen tärkeitä ovat ikääntyneen väestön toimintakykyä parantavien teknologioiden kehittäminen, soveltaminen ja käyttöönotto.

Osaamisalueet

Asiakas- ja kuluttajälähtöisyyden edistäminen

Asiakas- ja kuluttajälähtöisyys on tärkeää kaikissa palveluissa. Ilman kuluttajien tarpeiden ja toiveiden huomioimista ei ole mahdollista harjoittaa menestyvää palveluliiketoimintaa. Toisaalta asiakaskeskeisiä toimintatapoja voidaan pyrkiä systemaattisesti kehittämään.

Asiakas- ja kuluttajälähtöisyys on keskeinen osaamisalue, joka liittyy moniin tieteenaloihin ja teknologioihin. Näitä ovat mm. markkinointi, liikkeenjohto, talouspsykologia, ICT ja design. Osaamisalue on monitieteinen; se integroi laajasti useat yhteiskunta- ja käyttäytymistieteet sekä inhimillistä toimintaa tutkivat tieteet aina neurotieteisiin asti. Osaamisalue edellyttää innovaatioiden laajan määrittelyn niin, että mukaan luetaan sosiaaliset innovaatiot, tavat toimia toisin, uudet käytännöt ja käytäntöjen muuttuminen rutiineiksi. Tarvitaan entistä parempaa ymmärrystä kuluttajien valintojen syntymekanismeista ja taustoista. Tähän päästään mm. kokoamalla lisää tietoa ja ymmärrystä ihmisten arjen uudelleenorganisoinnista (ajankäyttö, rahankäyttö, tuotanto, kulutus, vapaa-aika) sekä erityisesti näiden keskinäisestä dynamiikasta. Jatkos-



sa on tarvetta panostaa myös ns. käyttäjäinnovaatioiden (user innovation), käytännönnovaatioiden (practice innovation) ja sosiaalisen oppimisen (social learning/innofusion) tutkimiseen. Uusien rutiinien synty edellyttää yhtäältä uusia tuottajia ja kuluttajia (esim. laajalle levinnyt sauvakävely), toisaalta materiaalien ja mentaalisten raaka-aineiden ja paikkojen työstämistä samoin kuin osaamista ja osaamisen kehittämistä. Käytäntöjen näkökulmasta kuluttajat ja tuottajat ovat lähes samassa asemassa rutiinien uusintajina.

Sekä julkisilla että yksityisillä palveluilla on tarve kehittyä vastaamaan entistä paremmin asiakkaiden muuttuvia tarpeita. Kun kuluttajien arkea ja eri kuluttajaryhmien tuotanto-kulutus-dynamiikkaa ymmärretään monitieteisesti ja -metodisesti, ymmärrys palvelee koko innovaatioketjua. Kuluttajien on haluttava innovaatioita, joiden on tuotettava jotain lisäarvoa vallitsevaan arkiseen tilanteeseen. Kilpailu ”kuluttajien sieiluista” ja rahasta kiristyy jatkuvasti. Mitkä tahansa palvelualat, julkiset ja yksityiset, voivat hyödyntää kuluttajaosaamista tuotekehityksessä ja tuotteistamisessa.

Osaamisalue voi tulevaisuudessa tarjota uusia julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyömalleja, erilaisten ja eri-ikäisten asiakasryhmien tarpeiden parempaa huomioon ottamista ja näihin liittyviä palveluinnovaatioita. Kuluttajien arjen, toiveiden, halujen sekä aika-raha-kulutus-tuotanto-dynamiikan ymmärtämisen kautta saattaa syntyä valtavirrasta poikkeavia ideoita. Sitä kautta voi myös syntyä vastalääkettä ”teknohybrikselle” siten, että yllättäviä kehittämiskohteita löydetäänkin varsin arkisista käytännöistä ja unelmista (vrt. sauvakävelyn räjähdysmäinen leviäminen). Tutkimusosaamista syntyy myös siten, että on pakko pohdita ja jatkuvasti kehittää em. arjen ymmärryksen saamiseksi sovellettavia laadullisia ja määrällisiä tutkimusmenetelmiä. Samoin on tutkittava erilaisia kuluttajarooleja (asiantuntija-kuluttaja, kansalaiskuluttaja,

”me muut”) suhteessa erilaisiin asiantuntijuuksiin. Syvimmillään on kysymys myös siitä, kuka edustaa kuluttajaa ja kuka päättää edustuksesta. Parhaimmillaan voisi syntyä tutkimuksellisia/tutkimusmetodisia ”vientituotteita”.

Tarvitaan lisää tutkimusta asiakkaiden tarpeista ja toisaalta liikkeenjohdon ja teknologian mahdollisuuksista vastata niihin. Tarvitaan jo menossa olevan Tiede- ja teknologianeuvoston käynnistämän tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän arvioinnin ja kehittämisen loppuun saattamista ja toimenpiteitä mm. tutkimusjärjestelmän koordinoitua kehittämiseksi sekä kuluttajalähtöisen tutkimuksen vahvistamiseksi. Nykyisten hallinnonalojen välinen tiukka työnjako ja reviirijattelu estävät tutkimusjärjestelmän laaja-alaisen kehittämisen. Ne estävät myös edistämästä hallintoa palvelevaa kuluttaja/käyttäjälähtöistä tutkimusta.

Koko innovaatioketjun (parlamentaariset päätöksentekijät ja rahoittajat, tutkimusjärjestelmä, yritykset ja elinkeinoelämä) tulee jatkaa ponnisteluita kuluttajalähtöisyyden edistämiseksi palveluissa/palveluinnovaatioissa. Julkiset innovaatorahoittajat ovat tulevaisuudessaakin kiinnostuneita siitä, että kuluttajat otetaan mukaan innovaatioprosesseihin jo varhaisessa vaiheessa. Ne voisivat rahoitusratkaisuisaan edellyttää kuluttajien parempaa huomioon ottamista; se voisi olla eräänlainen laatukriteeri. Samalla paranee innovaatioiden kaupallistamisriskien hallinta.

Tutkimuksen keskeisenä tehtävänä on saattaa ketjun toimijoita keskinäiseen vuorovaikutukseen ja neuvotteluihin, huolehtia kuluttajien näkemysten mukaan tulosta sekä ylläpitää kuluttajien arjen käytäntöjä koskevaa tutkimusosaamista. Tutkimus voi olla aloitteellinen ”tutkimuksellisissa kokeiluissa”, joissa kuluttajat, eri alojen tutkijat, elinkeinoelämä ja päätöksentekijät kohtaavat toisensa. Tutkimuksen tehtävänä on myös korostaa kuluttajien hyvinvoinnin ”päämääräluonnetta” (hyvä elämä, onnellisuus) kuluttajien ”instrumen-



taalisen” roolin asemesta markkinoilla ja elinkeinoelämässä.

Liiketoimintaosaaminen palveluissa

Liiketoimintaosaaminen on todettu tärkeäksi kehittämiskohteeksi Suomessa usealla alalla. Palvelualat eivät muodosta tässä suhteessa poikkeusta. Liiketoimintaosaamisella voidaan ymmärtää paitsi uusien toimintatapojen kehittämistä, myös jo muualla kehitettyjen tehokkaiden toimintatapojen omaksumista ja soveltamista. Palvelualoilla tämä osaamisalue liittyy ainakin markkinointiin, liikkeenjohtoon, tuotantotalouteen, taloussosiologiaan, tietotekniikkaan ja logistiikkaan.

Liiketoimintaosaamisen ja markkinoinnin parantaminen on palvelualoilla erityisen tärkeää, koska palvelualojen tuottavuuden kehitys riippuu keskeisesti siitä, miten palvelut organisoidaan ja kuinka hyvin ne vastaavat asiakkaiden tarpeisiin. Tässä on useimmiten kysymys nimenomaan liiketoimintaosaamisesta, ei niinkään korkean teknologian soveltamisesta tai kehittämisestä. Liiketoimintaosaamisen kehitystyö liittyy siten perimmältään Suomen talouden tuottavuuspotentiaalin parempaan hyödyntämiseen ja kuluttajien hyvinvoinnin edistämiseen.

Liiketoimintaosaamisen kehittämisessä tärkeitä ovat ICT:n entistä laajempi hyödyntäminen palveluyrityksissä, palveluiden markkinointiosaamisen kehittäminen ja brand management eli palvelukonseptien tuotteistaminen ja brändien luominen. Liiketoimintaosaamisen tulisi palveluissa ottaa entistä paremmin huomioon asiakkaiden tarpeet. Toisaalta olisi kyettävä luomaan lisäarvoa palvelutuotteisiin.

Osaamisalueella tulisi kehittää mm. palvelu- ja alihankintaverkostoja ja kaupan teknologiaa. Muita esimerkkejä kehittämisalueista ovat yhteistyö hajauteissa alihankintaverkostoissa, vähittäiskaupan logistiikan ja palveluteknologian kehittäminen ja tietotekniikan hyödyntäminen niissä, palveluverkostoihin tuke-


tuvat liiketoimintamallit, mediaverkon hallinta palveluliiketoiminnassa sekä nykyistä parempi brändinhallinta ja palvelubrändien luominen. Suomalaiset palvelualojen yritykset eivät toistaiseksi ole olleet kovin menestyksekkäitä menestyvien ja kilpailukykyisten ketjujen, konseptien ja liikemerkkien kehittäjiä. Tässä suhteessa ruotsalaiset ja tanskalaiset kaupan alojen yritykset ovat olleet parempia.

Parempien asuin-, palvelu- ja työympäristöjen kehittäminen

Parempien ympäristöjen kehittäminen on osaamisalue, joka liittyy ainakin arkkitehtuuriin, yhdyskuntasuunnitteluun ja logistiikkaan. Mutta lisäksi myös muotoilu, kuluttajapsykologia, sosiologia, markkinointi ja kuluttajatutkimus, kulttuuri- ja taidehistoria sekä ympäristöestetiikka ovat aloja, jotka ovat lähellä tätä osaamisaluetta. Teknologioista tähän liittyvät suunnitteluteknologia, ympäristöteknologia, jäteteknologia, asumisen, asumisympäristöjen ja liikennetarkaisujen teknologia, puutarhanhoitoteknologia, ympäristöjen hoitoteknologia sekä arjen käyttäytymisen simulointi.

Parempien ympäristöjen avulla pyritään vastaamaan muuttuviin tarpeisiin sekä parantamaan Suomen kilpailukykyä ja houkuttelevuutta. On olemassa selvä tarve kehittää aineettomiin asioihin liittyvää hyvinvointia, ympäristöjen esteettisyyttä, miellyttävyyttä sekä ihmisten viihtymistä asuin- ja työympäristöissään. Nämä muutokset ovat jo nyt näkyvissä kuluttajien käyttäytymisessä, ja on syytä uskoa, että ne korostuvat edelleen tulevaisuudessa, jos tulotaso kehittyy odotetulla tavalla.

Suomen on mahdollista kehittyä kilpailukykyiseksi asumisen ja hyvien ympäristöjen mallimaaksi, jossa tarjotaan asuinpaikasta riippumatta miellyttäviä, hoidettuja arkiympäristöjä ja niihin liittyviä ympäristöpalveluita sekä nykyaikaisia ympäristöteknologisia ratkaisuja. Lähtökohtana on, että ne tukevat suomalaisten



valitsemaa melko luonnonläheistä ja hiljaisuutta arvostavaa elämäntapaa. Hiljainen/turvallinen/puhdas Suomi tai Helsinki erottuu edukseen paremmin kuin yritykset olla svengaava metropoli.

On olemassa tarve keksiä ratkaisuja esim. kaupunkimaisen asuinympäristön pysäköintiongelmien, lasten ja nuorten ulkoleikkeihin sekä vanhusten ulkoilun tarpeisiin. Esteettiselle lähiympäristölle on kysyntää. Lisäksi kaupallisten palveluiden puolella on tarve kehittää kauppakeskuksia laadukkaina sisätiloina ja aktiiviteettikeskuksina, joissa viihdytään. Ympäristöalalla on tarve kehittää tehokkaita ja ympäristöystävällisiä jätteiden hävitysjärjestelmiä (esim. poltto), jotta päästäisiin eroon laajoja maa-alueita vievistä kaatopaikoista. Merkittävä ympäristöhaitta, johon kaivataan lisää parempia teknologisia ratkaisuja, on melu. Ratkaisuja ovat melunvaimennusteknologiat asunnoissa ja liikenteessä.

Kiinteistöt ja muu rakennettu varallisuus muodostavat valtaosan kansankunnan varallisuudesta. Kansankunnan kilpailukyky määräytyy pitkälti palvelu- ja muun infrastruktuurin tason mukaan. Laajasti määritelty palveluinfrastruktuuri, johon luetaan kaikki infra-verkostoista kulttuurirakennuksiin, määrittelee siksi ainakin osittain, miten palvelutarjonta ja -kysyntä kehittyvät yhteiskunnassa. Monet palveluliiketoiminnan innovaatiot ovat kaatuneet arkipäiväisiin infrastruktuurin ongelmiin.

Osaamisalue tarjoaa useita erilaisia sovellusmahdollisuuksia. Tällaisia voisivat olla rakennusteollisuuden ja -suunnittelun uudet innovaatiot – esimerkkinä kotiin toimitettavien päivittäistavaroiden toimitus- ja säilytystilat kerrostaloissa. Kun kotiin tai työpaikalle kehitetään palveluja, tulee palveluinfrastruktuuriin liittyvät seikat ottaa huomioon. Yhteisen ansaintalogiikan löytäminen esimerkiksi kiinteistöalan sekä informaatio- ja kommunikaatioalan kesken on haaste, en-

nen kuin tämänkaltaisia kokonaispalveluja voidaan tuottaa liiketaloudellisesti kestävästi.

Osaamisalueen kehittäminen liittyy suunnitteluun. Suunnittelussa pitäisi entistä paremmin huomioida ja ennakoida asiakkaiden ja asukkaiden toiveet ja tarpeet. Tämä edellyttää tutkimusta ja osin uudenlaisia kysymyksenasetteluja sekä rakennus- ja suunnittelutekniikan kehittämistä. Tulevaisuudessa ei myydä enää asuntoja, vaan kotilähiöitä ja kaupunkialueita, jotka kuluttajan silmissä erottuvat juuri ympäristöön liittyvien symbolisten ja esteettisten tekijöiden perusteella.

Ympäristöjen estetisointi ja ympäristöpalvelujen suunnittelu koskee tulevaisuudessa myös haja-asutusalueita ja kesämökkialueita, joita uhkaavat monenlainen slummiutuminen, ympäristöjen pilaantuminen ja maiseman kasvaminen umpeen.

Kaikki ympäristöihin liittyvä työ parantaisi Suomen kilpailukykyä ja houkuttelevuutta koulutettujen maahanmuuttajien silmissä samalla, kun se juurruttaisi suomalaisia paremmin omaan asuinpaikkaansa. Menetämme muualle myös omat koulutetut työntekijämme, jos he saavat ulkomailla parempaa palkkaa eikä meillä ole tarjota ylivoimaista ympäristöä sen sijaan.

Osaamisalueen kehittämiskohteita voisivat olla esim. senioriasumisen uudet mallit, kaupunkien turvallisuus, ympäristöjen hoito sekä esteettiset jätehuolto- ja keräilypalvelut.

Palveluviennin edistäminen

Palveluviennin – erityisesti liike-elämän teknologiain-
tensiivisten palveluiden viennin – edistäminen liittyy moniin erikoisaloihin. Näitä ovat palveluiden tuotteistaminen, suunnittelu ja markkinointi, business-to-business-liiketoiminta, kansainvälinen liiketoiminta ja markkinointi sekä teknologiapalvelut. Hyviä ja tunnet-



tuja esimerkkejä tällaisella alalla menestyneistä suomalaisyrityksistä ovat metsäteollisuuden konsulttiyhtiö Jaakko Pöyry sekä hissien huolto- ja ylläpitopalveluita tuottava Kone.

Maailmantalouden muutos vähentää teollisten työpaikkojen määrää Suomessa. Tämä luo jatkuvan tarpeen kehittää uusia korkean jalostusarvon tuotteita, jotka voivat hyödyntää vahvaa teollista pohjaa ja siihen liittyvää osaamista. Yksi mahdollisuus on korvata vähenevää teollista valmistusta jalostamalla ja muuttamalla teollista osaamista suunnittelu-, huolto- yms. palveluiksi, joita voidaan viedä kaikkialle globaaleilla markkinoilla. Tällöin teollisuuden tuotteeksi tulee perinteisten koneiden ja laitteiden sijasta kokonaisvaltaisempi, pitkäaikainen palvelukokonaisuus, joka kattaa myytävän teknologian tai koneen lisäksi sen ylläpidon, huollon ja mahdollisesti kehityksen koko tuotteen elinkaaren ajan.

Osaamisalue tarjoaa mahdollisuuksia uusien teknologiapohjaisten palvelukonseptien kehittämiseen. Teknologiapalveluiden tueksi tarvitaan uusia tietojärjestelmiä ja myös uudenlaisia liiketoimintataitoja. Kilpailukeinoksi tulee entistä enemmän tuotekokonaisuuden laatu ja luotettavuus pitkällä aikavälillä. Tällainen toiminta tarjoaa mahdollisuuksia hyödyntää Suomen vahvaa teollista pohjaa ja teknologista osaamista sekä samalla luoda osaamis- ja teknologiaintensiivisiä työpaikkoja, jotka eivät ole yhtä alttiita hintakilpailulle kuin valmistava teollisuus.

Osaamisalueen kehittämiskohteita ovat palvelujen kansainvälistäminen, teknologiapalvelujen vienti sekä keskeisten suomalaisten teknologiaklustereiden edelleen kehittäminen kohti tieto- ja osaamisintensiivisempää rakennetta. Esimerkkejä suomalaisista vahvoista alueista ovat ydinvoiman ja kemikaalien turvallisuus, ympäristöystävällisen energiateknologian hallinta, metsäklusterin ja hissitekniikan osaaminen jne.

Päästöjä vähentävälle ja energiaa säästävälle ympäristö- ja energiateollisuuden osaamiselle on nopeasti kasvavat markkinat Kiinassa ja Intiassa. Olisi luotava teknologiaohjelmia, joilla luotaisiin uusia valmiuksia teknologiapalveluiden luomiseen, tuotteistamiseen ja markkinointiin.

Tietoturva ja informatiikka palveluissa

Osaamisalue liittyy tietoturvateknologiaan ja informatiikkaan ja erityisesti niiden soveltamiseen palveluissa. Tietoturvan ja uusien tietojärjestelmien tarve kasvaa jatkuvasti. Tietoturvaa tarvitaan sähköisen asioinnin lisääntyessä ja erilaisten tietorekisterien, kuten potilastietojen, hyödyntämisessä. Suomessa on runsaasti alan osaamista. Edistyksellinen tietoturva ja siihen liittyvät tuotteet voivat tarjota myös uusia korkean teknologian vientimahdollisuuksia.

Osaamisalue tarjoaa konkreettisia sovellusmahdollisuuksia uusien tuotteiden ja järjestelmien kehittämisessä sekä entistä paremman ja turvallisemman tiedonhallinnan tavoittelussa. Entistä parempi tietoturva vuorostaan mahdollistaa tietotekniikan laajemman käytön mm. henkilökohtaisissa palveluissa, terveydenhoidossa ja julkisessa hallinnossa. Toiveet liiketoiminnan palvelujen ja monien julkisen hallinnon ja terveydenhoidon tukitehtävien tehostamisesta perustuvat siihen, että tietotekniikan suomaisia mahdollisuuksia pystyttäisiin uusien sovellusten avulla hyödyntämään entistä laajemmin. Lähes kaikissa sovelluskohteissa keskeisenä vaatimuksena on kuitenkin lähes absoluuttisen tietoturvallisuuden takaaminen.

Osaamisaluetta tulisi kehittää edistämällä alan soveltavaa tutkimusta ja tuotekehitystä siten, että erityisenä sovelluskohteena olisivat sekä julkiset että liiketoiminnan palvelut. Alaa voitaisiin kehittää kehittämisohjelmien lisäksi myös julkisten hankintojen avulla.

Kulttuuri- ja elämispalvelut

Kulttuuri- ja elämispalveluiden osaamisalue liittyy moniin ihmistieteisiin ja taiteisiin sekä palveluja tukeviin teknologioihin. Tällaisia aloja ovat matkailu, viihde, kulttuurintutkimus, käyttäytymistieteet, kulttuuripalvelut sekä digitaaliset palvelut ja niihin liittyvä teknologia.

Suomen houkuttelevuuden ja kilpailukyvyn kannalta on tärkeää, että maassa pystytään tarjoamaan riittävästi kulttuuri- ja elämispalveluja; menestyksekkäiden tapahtumien ja kohteiden ympärille muodostuu kasvupohjaa muillekin palveluille. Suomalaisen kulttuurin edistämiseksi on myös oma itseisarvonsa monikulttuurisessa maailmassa. Korkeatasoiset kulttuuri- ja elämispalvelut tulevat jatkossa tuottamaan yhä enemmän lisäarvoa ja ansaintamahdollisuuksia joko suoraan tai välillisesti.

Osaamisalue tarjoaa useita konkreettisia sovellusmahdollisuuksia. Tällaisia ovat uusien tuotteiden ja järjestelmien kehittäminen, entistä parempi tiedonhallinta sekä parempi ymmärrys kulttuurin merkityksestä taloudellisen menestyksen tärkeänä taustatekijänä. Suomessa on monia mahdollisuuksia kehittää ainutlaatuisiin luontoelämyksiin perustuvaa matkailua (hiihtäminen, kylmyys, koskemattomuus, pimeys, valo, villieläimet jne.); näitä ei ole hyödynnetty vielä kovinkaan paljon. Niiden lisäksi osaamisalueella on myös musiikkia, teatteria jne. Digitaalisen kulttuurin puolella on mahdollista kehittää esim. tietokonepelejä.

Alan soveltavaa tutkimusta ja tuotekehitystä tulisi edistää erityisten suunnattujen kehittämissuunnitelmien avulla. Ne voisivat liittyä vapaa-ajan luonteeseen ja sen viettotapojen muutoksen tutkimukseen, uuden teknologian hyödyntämiseen kulttuurin palveluksessa, digitaalisen kulttuurin sisällön ja teknologian kehittämiseen sekä luonto- ja elämysmatkailun kehittämiseen.

Julkisten palvelujen uudistaminen

Julkiset palvelut muodostavat suurimman yksittäisen palvelusektorin. Ne työllistävät noin neljänneksen koko työvoimasta. Julkisten palvelujen uudistaminen on tärkeää, jotta niiden tehokkuutta, taloudellisuutta, vaikuttavuutta ja laatua voitaisiin parantaa. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että julkisia palveluja ja niihin liittyviä prosesseja ymmärretään nykyistä paremmin. Julkisten palvelujen osaamisalue liittyy moniin tiedon aloihin. Näitä ovat julkisiin palveluihin liittyvä tutkimus hallinnosta teknologiaan; hallinnon tutkimus, julkinen talous, sosiologia, sosiaalipolitiikka, markkinointi & management, tietotekniikka, liiketoimintaosaaminen jne.

Julkisten palvelujen kasvavaan kysyntään vastaaminen on keskeinen yhteiskunnallinen ja taloudellinen ongelma tulevina vuosina. Samanaikaisesti olisi kyettävä tuottamaan ja rahoittamaan riittävät palvelut. Kysymys on tärkeä Suomen houkuttelevuuden ja kilpailukyvyn kannalta. Lisäksi kansalaiset ovat halukkaita säilyttämään laajan hyvinvointivaltion ja jopa parantamaan sitä – samalla kustannusten nousua pitäisi kuitenkin kyetä hillitsemään. Julkisten palvelujen ulkoistaminen, kilpailuttaminen ja yksityistäminen edellyttävät myös osaamista. Tällä hetkellä ei ole käytettävissä kovinkaan paljoa tietoa julkisten palvelujen tehokkuudesta, tuottavuudesta ja vaikuttavuudesta. Tätä tietopohjaa olisi kehitettävä, jotta palveluja voitaisiin järkeväällä tavalla uudistaa ja parantaa. Julkisissa palveluissa on todennäköisesti myös tehostamismahdollisuuksia, joiden hyödyntäminen edellyttää parempaa tietopohjaa sekä myös uusien organisointitapojen ja tietotekniikan mahdollisuuksien kartoittamista.

Tulevien vuosien päätöksentekoa varten tarvitaan tietoa siitä, mitkä palveluiden organisointitavat ovat



tehokkaimpia. Uusia palvelukokonaisuuksia sekä palvelu- ja tietojärjestelmiä on kehitettävä. Julkisissa palveluissa on todennäköisesti runsaasti toimintoja, joita voitaisiin paremman tietotekniikan avulla järjeistää – tällaisia ovat varsinkin hallintoon liittyvät nk. back office -toiminnot. Julkisten palvelujen kehittämisessä pitäisi myös kyetä ottamaan asiakkaiden näkökulma ja tarpeet huomioon nykyistä paremmin.

Tarvitaan tutkittua tietoa opetuksen sekä sosiaali- ja terveyspalvelujen vaikuttavuudesta, tehokkuudesta ja taloudellisuudesta. Tarvitaan tietoa erilaisten organisaatiomallien toimivuudesta ja uusien palvelu- ja hoi-

toteknologioiden ominaisuuksista. Suomessa on runsaasti sosiaali- ja terveysalan tutkimusta ja tutkimuskapasiteettia. Sitä pitäisi osin suunnata kohti uusia kysymyksenasetteluja. Samalla julkisen alan organisaatio- ja taloustutkimusta pitäisi kehittää ja suunnata näille aloille myös teknologian kehittämisresursseja. Kehittämiskohteina voisivat olla julkisten palvelujen tehokkuus ja vaikuttavuus, julkisen tuotannon organisaatio, managerointi ja uudet tuottamismallit (public sector management & public-private partnerships) sekä asiakaslähtöisyys julkisissa palveluissa.



3. Hyvinvointi ja terveys

Puheenjohtajat

Professori *Jussi Huttunen*, Lääketieteellinen

Aikakauskirja Duodecim

Johtaja *Pekka Meriläinen*, GE Healthcare Finland ja

Teknillinen korkeakoulu

Jäsenet

Jari Forsström, WM Data

Esa Heinonen, Orion Pharma

Pentti Itkonen, Sosiaali- ja terveysministeriö

Timo Jämsä, Oulun yliopisto

Tomi Mäkelä, Helsingin yliopisto

Pekka Piironen, Danisco

Eero Punkka, Suunto Oy

Hilka Riihimäki, Työterveyslaitos

Katri Räikkönen-Talvitie, Helsingin yliopisto

Tapani Salmi, HUS Kliinisen neurofysiologian osasto

Muutostekijät

Väestörakenteen muutokset vaikuttavat huoltosuhteeseen ja terveyteen

Väestö vanhenee kaikkialla maailmassa, mutta Suomessa muutos on keskimääräistä nopeampi. Kehitykseen on useita syitä: syntyvyys on pitkään ollut alhainen, kuolleisuus alenee ja sodanjälkeisten ikäluokkien osuus väestöstä on poikkeuksellisen suuri. Kun suuret ikäluokat saavuttavat eläkeiän 2010-luvulla, 65 vuotta täyttäneiden määrä kasvaa jyrkästi. Työelämään siirtymässä olevan 15–24-vuotiaiden ikäluokan koko on jo kääntynyt laskuun, ja 25–64-vuotiaiden määrä alkaa vähentyä 2010-luvulla. Muutosten seurauksena väestöllinen huoltosuhde kasvaa jyrkemmin kuin useimmissa muissa Euroopan maissa. Kehitys näyttää vielä huonommalta, kun tarkastellaan taloudellista huoltosuhdetta, jossa verrataan työllisten suhdetta muuhun väestöön.

lökkään väestön kasvu vaikuttaa voimakkaasti palvelutarpeeseen. Asukasta kohden lasketut sosiaali- ja terveydenhuollon kustannukset alkavat kasvaa 60. ikävuoden jälkeen, ja jyrkästi ne kasvavat 70. ikävuoden jälkeen. 65–80-vuotiaiden ihmisten terveys ja toimintakyky näyttävät kuitenkin viime vuosina parantuneen, ja tämä saattaa hidastaa ikärakenteen muutoksiin liittyvää sosiaali- ja terveydenhuollon kustannusten kasvua.

1970-luvulta lähtien avioituvuus on pienentynyt, mutta samaan aikaan avoliitot ovat yleistyneet. Parisuhteen purkautuminen avio- tai avoeron seurauksena on koko ajan yleistynyt. Nykyisen eroamistiheyden vallitessa suomalaisten avioliitoista päätty eroon noin puolet. Muutosten seurauksena naimisissa olevien osuus väestöstä on pienentynyt, mutta parisuhteessa elävien osuus säilynyt ennallaan.

Alle 18-vuotiasta lapsista suuri enemmistö asuu kahden vanhemman perheessä ja noin kuudesosa yksinhuoltajaperheissä. Noin 10 prosenttia lapsista asuu ns. uusperheissä, joihin kuuluu muitakin kuin puolisoiden yhteisiä lapsia. Perherakenteiden muutoksilla on todennäköisesti vaikutuksia lasten terveyteen ja pittemällä aikavälillä myös muun väestön terveyteen.

Maassamuutto jatkuu vilkkaana ainakin tämän vuosikymmenen loppuun, ja eniten muuttovoittoa saavat maan etelä- ja lounaisosat. Yli puolet asuinkuntaa vaihtavista on 15–29-vuotiaita. Heidän lapsistaan useimmat syntyvät vanhempiensa uudessa asuinkunnassa ja kasvattavat sen väestöä. Ikärakenne muuttuu eri tavoin maan eri osissa. Lasten ja nuorten osuus kasvaa muuttotoittokunnissa ja iäkkään väestön osuus muuttotappiokunnissa. Maan sisäinen muuttoliike vaikuttaa voimakkaasti sosiaali- ja terveystalouden kehittymiseen. Lasten ja työikäisen väestön palveluja joudutaan lisäämään alueilla, joille ihmiset muuttavat. Muuttotappioalueilla on vuosi vuodelta vaikeampi ylläpitää vanhenevan väestön tarvitsemia sosiaali- ja terveystalouden palveluja.

1990-luvun alusta jatkuvasti lisääntynyt siirtolaisuus on kasvattanut väestöä lähinnä Etelä-Suomessa. Maahanmuuttajien määrä saattaa olla kriittinen kysymys sosiaali- ja terveystalouden kehittymisen kanalta. Edessä oleva vaikea työvoimapula voidaan todennäköisesti ehkäistä vain, jos maahanmuuttajia on riittävästi paljon ja jos he hakeutuvat työhön hoito- ja hoivasektorille.

Koulutus, työelämä ja työllisyys

Väestön sosioekonominen rakenne muuttuu voimakkaasti, ja tämä kehitys jatkuu ammattirakenteen muutoksen ja kaupungistumisen myötä. Koulutustaso kohoaa nopeasti nuorten koulutettujen sukupolvien osuuden kasvaessa. Opisto- ja korkeakoulututkinnon suorittaneiden osuus kasvaa, ja enintään perusasteen



koulutuksen saaneiden osuus väestöstä pienenee edelleen. Koulutustason muutokset vaikuttavat monella tavalla väestön terveyteen sekä terveyteen vaikuttaviin tekijöihin.

Lähivuosina on edessä tilanne, jossa maassa on rinnan korkea rakenteellinen työttömyys ja vaikea työvoimapula. Työvoiman tarve ja tarjonta eivät kohtaa koulutuksesta, elinkeinorakenteen muutoksesta ja alueellisesta väestönkehityksestä johtuvista syistä.

Tärkein yksittäinen sosiaali- ja terveyspalvelujen kehittämistä ja ylläpitoa uhkaava tekijä on työvoimapula. Puutetta tulee olemaan erityisesti hoitohenkilökunnasta. Suurimmat vaikeudet kohdataan vanhustenhuollossa ja muissa sosiaalipalveluissa, mutta ongelmia on myös perusterveydenhuollossa ja erikoissairaanhoidossa. Työvoimapulan takia joudutaan korottamaan sosiaali- ja terveydenhuollon palkkoja, ja tämä lisää voimakkaasti palvelujärjestelmän kustannuksia.

Työelämä on muuttumassa yhä vaativammaksi, ja sen rytmi on edelleen nopeutumassa tieto- ja viestintäteknologian levitessä rutiinikäyttöön kaikkialle. Työn ja vapaa-ajan ero hämärtyy ihmisten helpon saavutettavuuden takia. Julkisen sektorin työolosuhteet ovat vaikeutumassa: lyhytaikaisia työsuhteita ("pätkätö") on enemmän kuin yksityisellä sektorilla, työilmapiiri on usein huono ja työntekijät uupuvat. Jatko- ja täydennyskoulutuksesta ei huolehdi, vaikka uuden teknologian omaksuminen ja käyttö edellyttäisivät jatkuvaa koulutusta. Esimiestaidoissa on puutteita ja johtamiskoulutus on laiminlyöty. Eri ammattiryhmien väliset näkemyserot ja jännitteet vaikeuttavat arkityötä ja toiminnan kehittämistä. Jatkuvat muutokset työelämässä aiheuttavat jännitteitä työpaikoilla ja asettavat johtamiselle erityisiä haasteita. Ongelmat näyttävät olevan erityisen suuria sosiaali- ja terveydenhuollossa. Jos työolosuhteita ei paranneta, pahenee työvoimapula edelleen.

Kulttuuriympäristön muutoksilla merkitystä terveydelle

Kulttuuriympäristössä tapahtuu lukuisia pitkän ja lyhyen aikavälin muutoksia, joilla on merkitystä väestön terveydelle. Terveyden koettu arvo kasvaa valtaväestössä, mikä tekee ihmiset aikaisempaa tietoisemmiksi terveyteen vaikuttavista tekijöistä ja kannustaa heitä ottamaan terveyden huomioon arkisissa valinnoissa. Myös täydellisesti terveydelle omistautuvan elämäntyylin ("healthism") yleistymisestä on merkkejä, mutta se jäänee maassamme yhteiskunnallisesti harvinaiseksi ilmiöksi aihepiiriä käsittelevän lehdistön lisääntymisestä huolimatta. Osa väestöstä on syrjäytymässä, ja tämän väestöosan arvoissa terveydellä ja terveyden edistämishän on vain marginaalinen merkitys.

Vapaa-ajan ja harrastusten merkitys kasvaa samalla kun työsidonnaisuus ja työn merkitys vähenevät. Julkisten kulttuuripalvelujen tarjonta vähenee valtion ja kuntien talouden kiristyessä. Eläkkeelle jäädään 1–2 vuotta myöhemmin kuin tällä hetkellä, mutta eläkeläisen terveiden ja toimintakykyisten eläkevuosien määrä kasvaa samalla, kun ikääntyvän väestön terveys parantuu. Muun kuin työelämän merkitys terveydelle ja elämänlaadulle voimistuu. Ihmiset liikkuvat, seurustelevat, matkailivat ja aterioivat kodin ulkopuolella vuosi vuodelta enemmän. Samalla aikaisemmin yhtenäiseksi mielletty suomalainen kulttuuri pirstoutuu lukuisiksi alakulttuureiksi.

Käynnissä olevat kulttuuriympäristön muutokset ovat pääpiirteissään otollisia terveyden edistämiseksi. Suomalaisten ylivoimainen enemmistö on terveydenhuoltojärjestelmän ja sitä kautta lääketieteellisen tiedon, ehkäisyn ja hoidon tavoitettavissa. Toinen tärkeä terveyskäyttäytymiseen ja -valintoihin vaikuttava tekijä ovat tavaramarkkinat ja mainonta. Markkinoinnissakin kevyt ja terveellinen yhdistetään useimmiten nykyaikaiseen ja hyvään.

Onko globalisaatio uhka hyvinvointiyhteiskunnalle?

Maailmankaupan vapautuminen vaikuttaa syvällisesti terveyteen ja hyvinvointiin. Kaupan esteitä puretaan hitaasti mutta varmasti Maailman kauppajärjestön WTO:n prosessissa. Kehitys vaikuttaa kansakuntien terveyteen ja mahdollisuuksiin toteuttaa omaehtoista terveyspolitiikkaa. Markkinointi ja mainonta lisääntyvät. Terveydelle haitallisten tuotteiden markkinat siirtyvät vähemmän säätyneille alueille, erityisesti kehitysmaihin. Tehokkuusvaatimukset muuttavat tuotantotapoja ja työelämän rakenteita.

Ajat ja etäisyydet supistuvat, ihmisten väliset yhteydet lisääntyvät. Samalla myös tarttuvat taudit leviävät aikaisempaa helpommin, ja maailmanlaajuisten pandemioiden uhka kasvaa. Tarttuvien tautien lisäksi myös krooniset sairaudet leviävät epidemioina. Syynä ovat elämäntavat, joiden voi sanoa "tarttuvan" väestöstä toiseen. Elämäntapojen globalistumiseen on monta syytä, kuten samansuuntaiset yhteiskuntamuutokset, kansainvälinen yhteistyö, tehostunut tiedonvälitys ja kansainvälinen teollisuus. Hyötyliikunta vähenee automaation ja autoistumisen seurauksena. Lihavuus ja diabetes yleistyvät kaikkialla. Ehkä tärkein globalistumisen aiheuttama terveysongelma ovat huumeet. Huumeiden välittömät terveysvaikutukset ovat pienempiä kuin alkoholin ja tupakan, mutta niiden muut yhteiskunnalliset vaikutukset ovat paljon suurempia. Rikollisuus, väkivalta ja pelko ovat osa arkea niissä yhteiskunnissa, joissa huumeita käytetään runsaasti.

Euroopan yhdentymisellä on runsaasti vaikutuksia suomalaisten terveyteen ja terveyspolitiikkaan. Unionilla on valtaa terveyden edistämisessä, sairauksien ehkäisyssä ja lääkehuollossa, mutta terveyspalvelujen järjestämisestä päättävät jäsenvaltiot toistaiseksi itse. Komissio ja osa jäsenvaltioista haluaisi laajentaa toimi-

valtaansa myös tälle alueelle, mutta erityisesti Pohjoismaat ja Britannia vastustavat ajatusta.

Tavaroiden, palvelujen, työvoiman ja pääoman liikuminen vaikuttaa Suomen talouteen. Palkka- ja yhtiöverotusta joudutaan kansainvälisen kilpailun takia keventämään, mutta tästä huolimatta työttömyys kasvaa. Verotulot pienenevät, eivätkä rahat enää välttämättä riitä nykytasoihin peruspalveluihin. Edessä ovat yhteiskuntasektoreiden välinen kilpailu voimavaroista ja valinnat siitä, mitä tehdään ja mitä jätetään tekemättä.

Suomi on toistaiseksi ollut globalistumisen nettohyötyjä: menestyksemme perustuu kansainväliseen kauppaan sekä tiede- ja kulttuuriyhteistyöhön. Ilman vientiteollisuutta emme olisi pystyneet ylläpitämään hyvinvointiyhteiskuntaa ja sen rakenteita, kuten julkista sosiaali- ja terveyspalvelujärjestelmää, nykyisessä muodossa.

Vastaus otsikon kysymykseen on, että globalistuminen ei tuhoa suomalaista hyvinvointiyhteiskuntaa. Hyvinvointiyhteiskunnan sosiaalinen, henkinen ja fyysinen pääoma yhdistettynä järjestelmän muutostyökyyn ovat tärkeitä kilpailutekijöitä integroituvassa maailmassa.

Suomalaisten terveys parantuu, uhkatekijät muuttuvat

Suomalaisten terveys on viime vuosikymmeninä jatkuvasti parantunut. Elinajanodote on pidentynyt, eivätkä sairaudet enää rajoita elämää yhtä paljon kuin ennen. Suotuisa kehitys kuvastuu myös ihmisten subjektiivisissa kokemuksissa: etenkin keski-ikäiset kokevat terveytensä aikaisempaa selvästi paremmaksi. Väestön terveys todennäköisesti paranee myös lähivuosina.

Kansanterveyden uusiksi ongelmiksi nousivat 1900-luvun jälkipuoliskolla sepelvaltimotauti, syöpä, diabetes ja tapaturmat. Osa uusista ongelmista on onnistuttu ratkaisemaan. Työikäisten sepelvaltimo-



tautikuolleisuus on nopeasti vähentynyt, syöpäkuolleisuus pienenee, liikennekuolemat ovat vähentyneet, nivelreuma harvinaistuu ja lasten hammasterveys on jo yksi maailman parhaimmista. Myönteistä yleiskuvaa varjostavat korkeat itsemurhaluvut, päihdesairaudet sekä diabeteksen ja allergioiden lisääntyminen. Väestön vanhentuessa osteoporoosia ja aivotoiminnan häiriöitä sairastavien ihmisten määrä kasvaa nopeasti. Lihavuus ja sen aiheuttamat sairaudet lisääntyvät vauhdilla kaikissa ikäryhmissä.

Mielenterveyttä koskevat tiedot ovat ristiriitaisia. Väestötutkimusten perusteella mielenterveys ei ole huonontunut, ja psykoositasoisten häiriöiden määrä saattaa olla vähenemässä. Itsemurhat ovat viidessätoista vuodessa vähentyneet kolmanneksen. Toisaalta on löytynyt uusia häiriötyyppejä, jotka näyttävät olevan yleistymässä. Myös mielenterveyden ongelmien takia eläkkeelle siirtyvien määrä on kasvamassa. Kehityksen syitä ei tunneta, mutta tärkeitä tekijöitä voivat olla työttömyys, syrjäytyminen ja työelämän kasvavat vaatimukset. Lasten ja nuorten mielenterveydestä kannetaan kasvavaa huolta erityisesti lasten- ja nuorisopsykiatrian ammattilaisten parissa. Digitaalinen viihde- ja elämysteollisuus ainoina harrastuksina muodostavat uhkan sekä henkiselle että fyysiselle terveydelle.

Suomalaisten pahin terveysuhka on päihteiden ja muiden riippuvuutta aiheuttavien aineiden käyttö. Alkoholin kulutus kasvaa ja alkoholisairaudet ja -kuolemat yleistyvät. Ongelmina ovat sekä jatkuvasti kasvava kokonaiskulutus että edelleen humalahakuinen alkoholikulttuuri. Tulevaisuus ei näytä paremmalta. Lapset ja nuoret ovat yhtä humalahakuisia kuin vanhempansa. Tupakointi on vähentynyt ylemmissä sosiaali-ryhmissä, mutta se on edelleen hyvin yleistä vähän koulutettujen ja vähäosaisten keskuudessa.

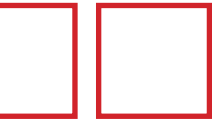
Terveys ja hyvinvointi jakautuvat väestössä epätasaisesti. Miesten ja naisten elinajanodotteen ero on

Suomessa Euroopan suurimpia. Itä- ja Pohjois-Suomen asukkaiden terveys on huonompi kuin länsi- ja eteläsuomalaisten. Sosioekonomiset terveys- ja hyvinvointierot näyttävät Suomessa olevan Länsi-Euroopan suurimpia, elleivät peräti suurimmat. Erot eivät ole supistuneet, vaikka niiden pienentäminen on ollut yksi Suomen terveyspolitiikan tärkeimmistä tavoitteista.

Sosiaali- ja terveyspalvelujärjestelmä kriisin partaalla

Terveydenhuoltojärjestelmä on ajautumassa kriisiin. Järjestelmän tuottavuus on 1990-luvun jälkeen parantunut, mutta osa henkilökunnasta työskentelee jatkuvasti suorituskykynsä rajoilla. Kunnilla on kasvavia vaikeuksia rahoittaa järjestelmää. Kustannuksia lisäävät väestön vanheneminen, lääkintäteknologian kehitys, ihmisten lisääntyvät toiveet ja vaatimukset sekä paheneva työvoimapula. Ongelmia on monilla aloilla ja monilla tasolla. Erikoissairaanhoidon palvelut jakautuvat maassa epätasaisesti, erikoissairaanhoidon ja perusterveydenhuollon yhteistyö ei toimi ja päivystysjärjestelyihin liittyy suuria ongelmia. Kansalaiset ovat kuitenkin toistaiseksi olleet pääosin tyytyväisiä julkiseen terveydenhuoltoon.

Julkista sosiaali- ja terveyspalvelujärjestelmää kehitetään edelleen siten, että lähtökohtana on verorahoitus. Järjestämisvastuu on vastaisuudessakin kunnilla ja ohjausvastuu valtiolla. Yksityisen terveydenhuollon osuus kaksinkertaistuu seuraavien kymmenen vuoden aikana; kymmenen vuoden kuluttua kaikista palveluista viidennes tuotetaan yksityisesti. Kasvu johtuu kahdesta muutoksesta: toisaalta kunnat ja kuntayhtymät tilaavat enemmän palveluja yksityiseltä sektorilta, toisaalta kansalaiset valitsevat yksityiset palvelut aiempaa useammin. Kehitystä nopeuttavat julkisen sektorin talousongelmat, kustannustietoisuus-



den lisääntyminen sekä kotimaisen ja eurooppalaisen kilpailun lisääntyminen.

Julkisen sosiaali- ja terveyspalvelujärjestelmän lähi vuosien ongelmia ja haasteita ovat valtion ja kuntien talous, palvelujärjestelmän tuottavuus, uuden teknologian hallittu käyttöönotto ja työvoimapula. Järjestelmä on myös synnyttänyt ihmisryhmän, joka käyttää etuisuuksia itsekkäästi hyväkseen ja passivoituu pysyttelemään työelämän ulkopuolella. Palvelujärjestelmän innovaatioilla, jos sellaisia syntyy, voi olla arvoa myös vientituotteina.

Sekä kansalaisten hyvinvoinnin että palvelujärjestelmän kustannusten kannalta on tärkeää pyrkiä turvaamaan vanhusväestön toimintakyky ja omatoimisuus. Avaintoimia ovat terveyden edistäminen koko elinkaaren aikana, yhteisöllisyyden lisääminen, koti- ja etähoidon kehittäminen (kehittyneet viestintäjärjestelmät, hälytys- ja seurantajärjestelmät, ikäihmisille sopeva tietotekniikka) sekä hoiva- ja hoitotilojen kehittäminen. Vanhusväestön lääkkeiden käyttö on lisääntynyt voimakkaasti ja osaksi hallitsemattomasti.

Painopiste sairauksista terveyden edistämiseen

Kehittyneiden maiden sosiaali- ja terveyspolitiikassa korostuu ongelmien ehkäisy jo ennakolta. Suomi oli aikaisemmin terveyspolitiikan mallimaa, mutta 15 viime vuoden aikana ehkäisevä sosiaali- ja terveyspolitiikka on unohdettu: valtio ei ohjaa sektorin kehitystä, kunnat laiminlyövät hyvinvointipolitiikan ja vastuu sairauksien ehkäisystä on siirtynyt järjestöille. Väestön terveys ja toimintakyky paranevat edelleen, mutta myönteinen kehitys johtuu ”kovasta” lääketieteestä.

Terveys- ja hyvinvointipolitiikka joudutaan lähivuosina arvioimaan perusteellisesti uudelleen. Tällöin tarvitaan sekä yksilöön kohdistuvia että rakenteellisia (yhteiskunnallisia) toimenpiteitä. Terveys voi kohentua tai heikentyä ihmisen olosuhteiden, vuorovaikutuk-

sen, elämäntapojen ja valintojen tuloksena. Terveysteen vaikuttavat arkiympäristö ja -toiminta sekä tiedot, taidot, keskinäinen tuki ja huolenpito. Yksilöiden, perheiden ja yhteisöjen valinnat ja toiminta ovat terveyden kannalta usein tärkeämpiä kuin palvelujärjestelmä. Ihmissuhteisiin, sosiaaliseen verkkoon ja suomalaisuuteen liittyvä henkinen pääoma on nostettava arvoonsa.

Sairauksien ehkäisy yli koko elämänkaaren korostuu. Odottavan äidin ravitsemus, tupakointi, alkoholin käyttö ja mahdollisesti myös stressi vaikuttavat syntävän lapsen terveyteen vuosikymmenien ajan. Suomen korkeatasoinen neuvolatoiminta uhkaa rapautua. Kouluiässä omaksutut tavat ja tottumukset säilyvät usein läpi elämän. Tupakoimattomuus lisää monta laadukasta vuotta elämään. Säännöllinen ja oikein annosteltu liikunta ylläpitää ikäihmisten toimintakykyä paremmin kuin mikään tunnettu lääke.

Julkisella vallalla on mahdollisuus vaikuttaa kansalaisten terveyteen monin tavoin. Terveiden kannalta tärkeitä päätöksiä liittyy elinympäristöön, hyvinvointipalveluihin, koulutukseen, työelämään, sosiaaliseen turvallisuuteen ja tasa-arvoon. Myönteisten vaikutusten aikaansaamista edistää yhteistyö eri toimijoiden ja hallinnonalojen välillä.

Suomalaisella tiedeyhteisöllä ja alan teollisuudella on poikkeuksellisen paljon osaamista sairauksien ehkäisyyn liittyvissä kysymyksissä (liikunta, ravitsemus, painonhallinta, stressin ja muiden psykososiaalisten riskien hallinta, rokotukset, epidemiologia, genetiikka). Tämän osaamisen hyödyntäminen on yksi innovaatiojärjestelmämme suuria mahdollisuuksia. Geenitutkimuksen ja epidemiologisen tutkimuksen yhdistämisellä pystytään suomalaisissa olosuhteissa kehittämään hypoteeseja ja testaamaan niitä paremmin kuin ehkä missään muualla maailmassa. Kehitettyjä menetelmiä voidaan kokeilla ja soveltaa käytäntöön terveydenhuoltojärjestelmässä.



Tiedon lisääntyminen mullistaa tutkimuksen ja hoidon

Mikään yksittäinen tekijä ei vaikuta lähivuosien muutokseen yhtä paljon kuin tiedon lisääntyminen ja sen saattaminen yhä suurempien ihmisryhmien käyttöön. Tiede ja tutkimus ovat kaikista yhteiskunnan alueista kansainvälisimpiä. Sairauksien syyt sekä keinot sairauksien ehkäisemiseksi ja hoitamiseksi löydetään kansainvälisellä yhteistyöllä, jonka tulokset ovat kaikkien käytössä.

Moderni tietotekniikka on lisännyt, nopeuttanut ja syventänyt ihmisten ja kansojen välisiä yhteyksiä. Yhtenäistyvät hoitokäytännöt perustuvat tuoreimpaan mahdolliseen tutkimustietoon, meta-analyysiin ja kriittisiin katsauksiin. Internetin avulla terveyttä koskeva tieto on kaikkien käytössä. Potilas hakee tiedon vaitta netistä, mutta joutuu myös ottamaan enemmän vastuuta valinnoistaan. Tämä aiheuttaa sosiaali- ja terveydenhuollon ammattilaisille sekä uusia haasteita että uusia mahdollisuuksia. Potilas-lääkärisuhde muuttuu entistä tasa-arvoisemmaksi yhteistyöksi sairauden hoidossa ja oireiden lievittämisessä.

Oikean tiedon löytäminen markkinointiviestien ja ”epätiedon” joukosta muuttuu yhä vaikeammaksi. Sekä sosiaali- ja terveydenhuollon ammattilaisten että tietoa hakevien kansalaisten on yhä tärkeämpää kyetä arvioimaan tiedon oikeellisuutta. Julkisen sektorin tärkeä tehtävä on välittää kansalaisille mahdollisimman oikeata (”näyttöön perustuvaa”) ja ajantasaista tietoa.

Terveysteknologian kehitys voi hidastaa kustannusten nousua

Huippulääketieteen vaikutus ihmisten terveyteen, elämänlaatuun ja toimintakykyyn kasvaa kiihtyvällä nopeudella. Uudet lääkkeet tuovat lievitystä oireisiin, parantavat sairauksia ja auttavat ehkäisemään niitä. Moderni kirurgia laajenee anesthesiologian ja tehohoidon avulla yhä uusille alueille. Laboratorio- ja kuvantamis-

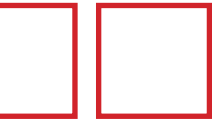
tutkimuksen kehittyminen tekee mahdolliseksi nopean ja täsmällisen diagnostiikan. Myös hoivasektorilla on mahdollista hyödyntää teknologiaa (tietoteknologia, apuvälineteknologia) nykyistä enemmän.

Terveydenhuollon kustannusten kasvun tärkein syy on lääketieteen kehitys. Uudet teknologiat voidaan jakaa puolivälin teknologiaan ja lopputeknologiaan. Puolivälin teknologia lievittää oireita ja hidastaa sairauden etenemistä, mutta ei paranna sairautta. Teknologia tulee kalliiksi, sillä hoito kestää kauan. Lopputeknologian avulla sairaus voidaan estää tai kokonaan parantaa. Tulevaisuuden teknologiat ovat yhä useammin lopputeknologioita ja ehkäiseviä teknologioita. ”Kova” lääketiede siirtää todennäköisesti painopistettä nykyistä enemmän hoidosta ehkäisyyn. Tämä voi merkitä sitä, että terveydenhuollon kustannusten kasvu hidastuu.

Terveysteknologian (ml. lääkeshoidon) merkitys kasvaa jatkuvasti. Suomessa on poikkeuksellisen paljon tämän alueen osaamista ja mahdollisuus uskottavasti testata innovaatioita reaaliympäristössä. Ongelmina ovat olleet tutkijayhteisön asenteet sekä akateemisen maailman ja yritysmaailman yhteistyön kehittymättömyys. Ilmapiiri kuitenkin muuttuu koko ajan myönteisemmäksi, ja ala tarjoaa tulevaisuudessa runsaasti mahdollisuuksia hyödyntää suomalaista osaamista ja innovaatiokykyä.

Informaatioteknologia ja tietojärjestelmät

Informaatioteknologia on radikaalisti muuttanut palvelujärjestelmän rakenteita ja toimintatapoja, mutta uuden teknologian lopullinen läpimurto tapahtuu vasta seuraavien 5–10 vuoden aikana. Terveydenhuollon asiakkaiden koko sairaushistoria, lääkitykset, laboratoriotutkimukset, röntgen- ja muut kuvat tulevat olemaan hoitohenkilöstön saatavilla langattomilla päätelaitteilla missä tahansa ja milloin tahansa. Potilaalla itsellään on pääsy suurimpaan osaan tiedostoja.



Kansalliset hoitosuosituksat ja alueelliset hoito-ohjelmat kattavat jo lähivuosina merkittävän osan keskeisistä sairauksista. Suosituksia päivitetään jatkuvasti, ja ne ovat sähköisessä muodossa koko terveydenhuoltohenkilöstön käytössä. Tulevaisuuden sähköinen potilaskertomus on älykäs tietojen yhdistelijä. Se toimii päätöksenteon tukena lääkäriille ja kannustaa potilasta omatoimiseen terveyden ylläpitämiseen ottaen huomioon potilaan oman historian. Tiedosto tai sen keskeiset osat kulkevat potilaan mukana, ja ne päivitetään automaattisesti jokaisen lääkärisäkäynnin yhteydessä. Sähköinen potilastiedosto vähentää työvoiman tarvetta, tehostaa lääkärin työtä ja ehkäisee inhimillisiä virheitä. Tietosuojan on oltava mahdollisimman täydellinen.

Kansalaisia varten kehitetään kansallinen terveysportaali, joka sisältää näyttöön perustuvaa tietoa sairauksien ehkäisystä ja hoidosta. Samalla portaali jakaa tietoa ja opastaa palvelujärjestelmän käytössä sekä etuuksien hakemisessa. Palvelujärjestelmän toimintaa koskeva tieto kerätään kattavasti ja keskitetysti, ja sitä käytetään jatkuvasti järjestelmän kehittämisessä sekä kansallisen sosiaali- ja terveyspolitiikan suunnittelussa.

Lääketieteellisessä tutkimuksessa tulossa suuria läpimurtoja

Lääketieteellinen tutkimus tuottaa seuraavien kymmenen vuoden aikana meillä ja muualla kymmenittäin läpimurtoja, joilla on suuri vaikutus väestön ja yksittäisten ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin. Tutkimuksen avulla on mahdollista kehittää tehokkaita ja taloudellisia keinoja sairauksien ehkäisyyn ja hoitoon sekä parantaa terveysjärjestelmän toimivuutta. Tutkimuksen avulla voidaan myös ymmärtää niitä ilmiöitä, joihin ihmisten omat terveyteen vaikuttavat valinnat perus-

tuvat. Tärkeätä on osoittaa riittävästi voimavaroja perustutkimukseen, sillä vain perustutkimus tuottaa tietoa, jonka avulla voidaan ratkaista tulevaisuuden ongelmia.

Seuraavan vuosikymmenen suurimmat läpimurrot tapahtuvat biolääketieteessä, kuvantamistutkimuksessa, aivotutkimuksessa sekä mahdollisesti nanoteknologiassa ja kantasolututkimuksessa. Biolääketieteen sovellutuksia on pitkän tutkimus- ja kehittämisviipeen takia toistaiseksi vähän, mutta seuraavan vuosikymmenen aikana niitä löytyy esimerkiksi lääkehoidossa ja diagnostiikassa. Aivotutkimus etenee nopeasti. Se tuottaa uutta tietoa käyttäytymisestä sekä sovelluksia aivosairauksien ja psykiatristen sairauksien diagnostiikkaan ja hoitoon. Eniten käytännön sovellutuksia on syntynyt kuvantamistutkimuksen alalla, ja kehitys jatkuu nopeana.

Genomin selvittäminen johtaa jo lähivuosina lukuisiin lääketieteellisiin sovellutuksiin. Potilaan genomitiedon hyödyntäminen johtaa yksilöllisiin hoitokäytäntöihin (esim. lääkehoito) ja kohdennettuihin seulontoihin. Genomiikan ja proteomiikan tuottaman tiedon yhdistäminen auttaa ymmärtämään sairauksien syntyminen ja sekä selvittämään geneettisen alttiuden ja ympäristötekijöiden yhdysvaikutuksia sairauksissa, joiden syntyyn monet tekijät vaikuttavat. Tieto avaa mahdollisuuksia monien sairauksien ehkäisyyn ja hoitoon.

Sekä aikuisten että sikiöiden kantasolut voivat muuttaa hoitokäytäntöjä monissa tautiryhmissä, kuten diabeteksessa, sydämen vajaatoiminnassa ja Parkinsonin taudissa. Kehityksen lähtökohtana on perustutkimuksen tuottama tieto kantasolujen tunnistamisesta ja käyttäytymisestä. Tulosten hyödyntämisnopeus riippuu yhteiskunnan asenteista ja säätelystä.



Osaamisalueet

Terveyden edistäminen – avainasemassa lapset ja nuoret

Suomalaisten terveys on jatkuvasti parantunut. Elinajanodote on pidentynyt, ja sairauksista johtuvat toimintakyvyn rajoitteet ovat vähentyneet. Etenkin keski-ikäiset kokevat terveytensä aikaisempaa selvästi paremmaksi. Myönteistä yleiskuvaa varjostavat päihdesairaudet, edelleen korkeat itsemurhaluvut sekä diabeteksen ja allergioiden lisääntyminen.

Terveys jakautuu väestössä epätasaisesti. Miesten ja naisten elinajanodotteen ero on poikkeuksellisen suuri. Itä- ja Pohjois-Suomen asukkaiden terveys on huonompi kuin länsi- ja eteläsuomalaisten. Sosiaaliryhmittaiset terveyserot näyttävät olevan Länsi-Euroopan suurimpia. Erot eivät ole supistuneet, vaikka niiden pienentäminen on ollut yksi terveyspolitiikan tärkeimmistä tavoitteista.

Lähi vuosien pahin terveysuhka on alkoholi. Alkoholin kulutus kasvaa ja käyttö on humalahakuista. Alkoholisairaudet ja -kuolemat yleistyvät. Mielenterveyden ongelmat ovat yleistymässä, jos mittarina käytetään näistä syistä eläkkeelle siirtyvien lukumäärää. Lasten psykiatriset ongelmat näyttävät myös olevan lisääntymässä. Tärkeitä tekijöitä ovat työttömyys ja syrjäytyminen, työelämän kasvavat vaatimukset ja perheinstituution rapautuminen.

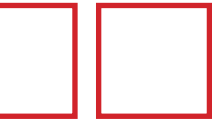
lökkään väestön terveyden ja toimintakyvyn säilyminen on yksi seuraavan vuosikymmenen tärkeimpiä yhteiskuntapoliittisia tavoitteita. Iäkkäiden ihmisten terveys rakentuu pääosin vanhuutta edeltävissä vaiheissa. Toimintakykyyn voi kuitenkin vaikuttaa myös eläkeiässä. Fyysinen ja henkinen aktiivisuus, tupakointimattomuus, terveellinen ravinto ja alkoholin käytön kohtuullisuus ehkäisevät sairauksia ja ylläpitävät toimintakykyä iäkkäilläkin ihmisillä.

Terveys voi parantua tai heikentyä ihmisten olosuhteiden, vuorovaikutusten, elämäntapojen ja valintojen tuloksena. Yksilöiden, perheiden ja yhteisöjen valinnat ja toiminta ovat usein tärkeämpiä kuin palvelujärjestelmä. Julkisella vallalla on mahdollisuus vaikuttaa kansalaisten terveyteen monella tavalla. Terveyden kannalta tärkeitä päätöksiä liittyy elinympäristöön, hyvinvointipalveluihin, koulutukseen, työelämään, sosiaaliseen turvallisuuteen ja tasa-arvoon.

Perhe, koti, lapsuus ja nuoruus ovat yksilön myöhemmän terveyden kannalta avainasemassa. Äidin fyysinen ja henkinen terveys ja hänen elintapansa raskausaikana (ravitseminen, tupakointi, päihteiden käyttö) vaikuttavat syntyvän lapsen terveyteen koko elämän ajan. Uudet havainnot korostavat voimakkaasti äitiys- ja lastenneuvoloiden merkitystä väestön terveyden kannalta ja antavat aiheen kehittää edelleen neuvola-järjestelmää, jota välillä jo laiminlyötiin. Suomessa on poikkeuksellisen hyvät mahdollisuudet tuottaa terveyteen vaikuttavien asioiden yhteyksiä koskevaa tietoa eri tieteenalojen (epidemiologia, kliininen tutkimus, käyttäytymistieteet, neurotutkimus, riippuvuustutkimus) yhteistyönä.

Koko väestön näkökulmasta lasten ja nuorten terveys on avainasemassa. Terveyteen vaikuttavat tavat ja asenteet (ravinto- ja liikuntatottumukset, sosiaaliset taidot, suhde tupakkaan ja päihteisiin) omaksutaan tässä vaiheessa. Syrjäytymisen, epäterveellisten elämäntapojen ja huonon koulumenestyksen kierre alkaa jo varhain. Perhe ja koulu vaikuttavat molemmat lasten ja nuorten myöhempään terveyteen. Varhaislapsuudessa luodulla psyykkisellä turvallisuudella ja toimintamalleilla on suuri vaikutus aikuisiän psyykkiseen ja sosiaaliseen suoriutumiseen.

Lisää tietoa tarvitaan tekijöistä, jotka vaikuttavat lasten ja nuorten terveyskäyttäytymiseen. Erityisen tärkeä on tukea tutkimusta, jonka avulla löydetään



keinoja nuorten syrjäytymiskierteen estämiseksi. On esitetty, että uusilla lastenpsykiatrian menetelmillä voidaan löytää huono ennuste jo viisivuotiaana. Alue on niukasti resursoitu. Menestyvä tutkimus on tyypillisesti monitieteistä: innovaatioita syntyy, jos ryhmässä on lääketieteen, käyttäytymistieteiden ja yhteiskuntatieteiden edustajia ja jos se käyttää monipuolisesti sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Uutta tietoa tulee välittömästi soveltaa oppilashuollossa, koulujen terveysopetuksessa ja perheneuvoloissa.

Työkäisen väestön tietoja terveydestä ja terveyteen vaikuttavista tekijöistä voidaan parantaa kehittämällä terveystiedon opetusta kouluissa ja luomalla kansalaisille tarkoitettu terveysportaali, joka sisältää ajantasaista ja näyttöön perustuvaa tietoa terveydestä. Uutta informaatioteknologiaa voidaan ja tulee käyttää hyväksi myös terveyden edistämässä. Terveyttä ja sairautta koskevaa tietoa voidaan hankkia ja hyödyntää monin verroin aikaisempaa paremmin tietoyhteiskunnassa, jossa langaton tiedon vastaanotto ja verkottuminen on mahdollista kaikkialla, kenelle tahansa ja milloin tahansa. Internet monine sovelluksiin on tehokas väylä erityisesti nuorten maailmaan.

Terveyden edistämisen esteenä ei kuitenkaan usein ole tiedon vaan motivaation puute. Kansalaiset jakautuvat yhä selvemmin kahteen ryhmään: menestyviin ja terveydestään huolehtiviin ihmisiin ja syrjäytyviin ja epäterveellisesti eläviin ihmisiin. Vähäosaisten ja vähän koulutusta saaneet ihmiset eivät usein ole kiinnostuneita terveydestään eivätkä pysty hankkimaan eivätkä käyttämään hyväksi tarjolla olevaa tietoa. Vähäosaisten kansalaisten terveyttä voidaan edistää parhaiten rakenteellisin keinoin (työttömyyden vähentäminen, terveyttä edistävä liikennepolitiikka, alkoholi-

ja tupakkapolitiikka). Siksi terveys tulee ottaa entistä paremmin huomioon kaikessa yhteiskuntapolitiikassa.

Riippuvaisuuksia aiheuttavat aineet (tupakka, alkoholi, huumeet) ovat epäterveellisen ravitsemuksen ja liikunnan puutteen ohella tärkein väestön terveyttä uhkaava tekijä. Alkoholi- ja tupakkatutkimuksella on Suomessa pitkät perinteet. Tämän alueen tutkimusta tulisi edelleen lisätä. Tietoa tarvitaan riippuvuuksien biologiasta, ehkäisystä ja hoidosta (mm. suurkuluttajien tunnistaminen ja heihin kohdistuvat ehkäisytimet) sekä alkoholi- ja tupakkapoliittisten toimenpiteiden vaikuttavuudesta. Tämän alan tutkimus tukee myös huumeongelman torjumista.

Suomella on kunniakas menneisyys ehkäisevässä terveyspolitiikassa. Viidentoista viime vuoden aikana terveyden edistäminen on julkisella sektorilla laiminlyöty. Suuri osa kansansairauksien ehkäisystä on siirtynyt julkiselta terveydenhuollolta kansanterveysjärjestöille. Jos väestön terveyttä halutaan myös tulevaisuudessa tehokkaasti edistää, valtion ja kuntien tulee osoittaa tälle alueelle nykyistä selvästi enemmän voimavaroja. Raha-automaattiyhdistyksen tukea kansanterveysjärjestöille tulee lisätä.

Terveyden edistämistä koskevan uuden tiedon avulla voidaan parantaa oman maan ja muiden maiden kansalaisten terveyttä. Alalla voi myös syntyä sellaisia innovaatioita, joilla on arvoa vientituotteina. Tässä suhteessa lupaavia alueita ovat erityisesti ravitsemus- ja elintarviketutkimus sekä lihavuus- ja liikuntatutkimus (ks. näitä alueita käsittelevät osaamisalueanalyysit). Väestön terveydellä ja toimintakyvyllä on runsaasti epäsuoria vaikutuksia Suomen talouteen. Työkäisen väestön hyvä terveys auttaa torjumaan työvoimapolia. Julkisen sosiaali- ja terveydenhuollon kustannukset ja verotustarve pienenevät, jos ikääntyneet väestön terveys ja toimintakyky paranevat.



Ravitsemus, elintarvikkeet ja terveys

Ravitsemus on tärkeimpiä väestön terveyteen vaikuttavia tekijöitä. Suomalaisen ravitsemus on viime vuosina muuttunut terveellisemmäksi, mutta myös kielteistä kehitystä on tapahtunut. Lihavuus yleistyy kaikissa väestöryhmissä. Lihavuuteen liittyvät liitännäissairaudet ja riskitekijät – kuten insuliiniresistenssi ja diabetes, kohonnut verenpaine sekä tuki- ja liikuntaelinten sairaudet – lisääntyvät. Painonhallinnasta on tullut yksi väestön terveyden tärkeimmistä tavoitteista.

Teollistuneiden maiden elintarvikevalikoimassa ja ruokakäyttäytymisessä tapahtuu suuria muutoksia. Elintarvikevalikoimat laajenevat ja globaalistuvat, syömiskäyttäytyminen yksilöllistyy, ruoka nautitaan kotien ulkopuolella ja terveystietoisuus kasvaa. Terveystietoisuuden perustellaan yhtä lailla funktionaalisten elintarvikkeiden käyttöä, ravintoainevalmisteiden nauttimista, kasvisruokavaliota ja toistuvia laihdutusruokavaliota kuin myös ravintosuosituksia vastaavaa monipuolista ruoanvalintaa.

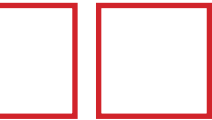
Elintarviketuotanto ja -valmistus sekä kauppa kansainvälistyvät, ja tuotanto keskittyy suurempiin yksiköihin. Lähes kaikki tarjolla olevat elintarvikkeet ovat prosessoinnin tulosta, ja yhä useammat ateriat ovat teollisesti valmistettuja. Prosessoidun tuotteen imeytymistä ja vaikutuksia elimistössä ei voida päätellä suoraan käytettyjen valmistusaineiden rakenteen ja koostumuksen perusteella. Osaksi tästä syystä kuluttajat vaativat mahdollisimman vähän prosessoituja, lisäaineettomia ja puhtaita elintarvikkeita.

Elintarvikkeiden ja niiden turvallisuuden tutkimuksessa siirrytään genetiikan, funktionaalisen genomikan ja proteomiikan aikakauteen. Ravitsemustutkimuksen ja geneettisen tutkimuksen yhdistäminen tekee mahdolliseksi antaa entistä yksilöllisempää ravit-

semusohjausta ja tuottaa elintarvikkeita, jotka entistä paremmin edistävät kunkin yksilön terveyttä. Mikrobin genomien tunteminen auttaa ymmärtämään mikrobin käyttäytymistä elintarvikkeissa ja erilaisissa bakteerien elämälle välttämättömissä lokeroissa. Uudet tekniikat tarjoavat uusia mahdollisuuksia ymmärtää mikrobin toimintaa, metaboliaa, ekologiaa sekä virulenssiin ja stressiadaptatioon liittyvien geenien säätelyä ja ilmentymistä.

Suomella on hyvät mahdollisuudet menestyä ravitsemus- ja elintarviketutkimuksessa ja kehittää terveellisiä sekä turvallisia elintarvikkeita kotimaisille ja globaaleille markkinoille. Käytössä on runsaasti resursseja ja valmiuksia, jotka ovat hyödynnettävissä tehokkaalla yhteistyöllä. Maassa on huippuluokan osaamista tutkimuksessa, joka kohdistuu funktionaalisiin elintarvikkeisiin ja mikrobin ja entsyymien hyödyntämiseen. Kattavat väestökisterit tekevät mahdolliseksi sairauksien seurannan ja olemassa olevat aineistot pitkien aikasarjojen analyysit. Ravitsemustutkimusta tukevat tieteenalat ja tutkimusalueet (geneettinen tutkimus, aineenvaihdunnan tutkimus, kliininen ja epidemiologinen tutkimus) ovat korkealla tasolla. Kuluttajatutkimus, ruokakäyttäytymisen tutkimus ja elintarvikkeiden aistinvaraisen laadun tutkimus on Suomessa kehittyntä.

Tulevaisuudessa tarvitaan entistä kokonaisvaltaisempi kuva ruokaan, syömiseen ja terveyteen ja hyvinvointiin liittyvistä mekanismeista. Molekyylitason mekanismien selvittäminen tulee korostumaan etenkin elintarvikkeiden terveysvaikutteisuuden tutkimuksessa, immunologisessa tutkimuksessa ja patogeenisten mikrobin selviämisen tutkimuksessa elintarvikkeetjuissa. Ravinnon ja perimän (genomiikka ja genetiikka) osuudet ja yhteisvaikutukset kansansairauksien synnyssä ja ehkäisyssä tulee selvittää.



Ravinnon vaikutukset terveyteen saattavat välittyä merkittävältä osin suoliston mikrobien kautta. Mikrobeja käytettäneen tulevaisuudessa entistä enemmän myös terveellisen ruoan prosessoinnissa. Ravinnon ja ruoan mikrobien vaikutus ruoansulatuskanavan mikrobistoon sekä immuniiteettiin ja sairauksiin väestötasolla ovat tärkeitä lähivuosien tutkimuskohteita, joissa suomalaisella tutkimuksella voisi olla merkittävä osa.

Tieto suoliston mikrobiston vaikutuksesta ihmisen terveyteen ja hyvinvointiin lisääntyy. Samoin tulevaisuudessa tiedetään entistä enemmän ruoan eri komponenttien vaikutuksesta suoliston mikrobiston toimintaan. Tiedon lisääntyminen mahdollistaa uudentyyppisten erikoistuotteiden kehittämisen (esim. ruoka-allergiat). Suoliston probiootteja voidaan mahdollisesti käyttää antiviraalisten molekyylien tuottajina virustautien torjunnassa. Suomessa on vahvaa osaamista sekä lääkekehityksessä että suoliston probioottien ja prebioottien tutkimuksessa. Näiden kahden osaamisalueen yhteistyö voi mahdollistaa etulyöntiaseman uusien sovellusten kehittämisessä.

Perustutkimuksen avulla voidaan luoda välineitä, jotka auttavat parantamaan elintarviketurvallisuutta. Toksisten kemiallisten yhdisteiden tunnistaminen ruokaketjussa säilyy tärkeänä osana ruokaturvallisuusajattelua. Tutkimus etenee kohti monimutkaisten yhdisteesten vaikutusarvioita tai ravinnossa samanaikaisesti esiintyvien, erillisten karsinogeenisten yhdisteiden vuorovaikutuksia.

Ravitsemus- ja elintarvikesektori on kansainvälisesti hyvin kilpailtu. Suomalaiset tutkimusryhmät ovat tällä hetkellä liian pieniä. Yhteistyö yliopistojen, tutkimuslaitosten ja teollisuuden välillä muuttuu entistä tärkeämmäksi; monitieteellisyys ja verkottuminen ovat alan tutkimuksen menestymisen ehtoja. Tutkimusrahoituspolitiikka ei ole suosinut monitieteisten konsortioiden kokoamista. Tutkimusta ja yhteistyötä tulee edistää etsimällä eri toimijoille (yritykset, yliopistot,

tutkimuslaitokset, sairaalat) yhteiset intressialueet, joihin liittyvää tutkimusta rahoitettaisiin pitkäjänteisesti.

Bioinformatiikan osaaminen on heikkoa ja vain harvojen käytettävissä. Nykyiset ravitsemusepidemiologiset aineistot ovat hankalasti analysoitavissa, ja tulosten saamiseksi tarvitaan vaativaa tilastollista ja matemaattista mallintamista. Nämä menetelmät vaativat vielä kuitenkin perustutkimusta. Monitieteisen alan ongelma on myös, miten eri alojen tutkijat kykenevät hyödyntämään saatavissa olevaa informaatiota ja tietämyksen riittäminen kommunikointiin muiden alojen asiantuntijoiden kanssa.

Ruokakäyttäytymisen tutkimuksessa on aukkoja ja ongelmia. Terveen väestön ruoankäyttö tunnetaan paremmin kuin esimerkiksi lasten, ikääntyneiden, sairaiden tai toimintakyvyiltään heikenneiden ihmisten ruoankäyttö. Jo kerättyjä tutkimusaineistoja on hyödynnetty vajavaisesti; rahoitus ohjaa mieluummin keräämään uutta kuin hyödyntämään syvällisesti olemassa olevaa. Kokonaisnäkemys elämänkaaren eri vaiheissa vaikuttavien tekijöiden (esim. kotitalouden rakenne, perheen rakenne ja sisäinen työnjako, lapsuusikä, työelämä) merkityksestä ruokavalinnoille puuttuu.

Pullonkauloja on myös identifiointiketjussa tutkimuksesta tuotteeksi. Raaka-aineen ja prosessin yhdistäminen päämäärätietoisesti terveysvaikutuksen aikaansaamiseksi on haasteellista. Materiaalitekniistä osaamista tarvitaan lisää, jotta löydetään fyysikaalisen tilan ja fysiologisen vasteen yhteydet. Pinta- ja kolloidikemian ja materiaalitieteiden hyödyntäminen elintarvikkeiden prosessoinnissa on puutteellista.

Terveiden omaehtoista ylläpitoa tukevat uudet teknologiat ja palvelut

Keskeisimpiä fyysistä hyvinvointia edistäviä ja sairauksia ehkäiseviä tekijöitä, joihin ihminen voi omilla valinnoillaan vaikuttaa, ovat liikunta ja ravinto. Liikunnalla voidaan parantaa ja ylläpitää sydämen ja verenkierto-



elimistön kuntoa. Ravinnon ja liikunnan tasapainolla voidaan estää haitallisen ylipainon kertyminen. Liikunnalla on positiivinen vaikutus myös stressinhallintakykyyn ja mielenterveyteen. Kansanterveyden näkökulmasta olisi siten tärkeää motivoida väestö liikkumaan.

Suomessa on ollut lukuisia liikuntaohjelmia ja hankkeita liikunnan edistämiseksi. Samoin on useita yrityksiä, jotka tarjoavat teknisesti edistyneitä tuotteita liikuntasuoritusten mittaamiseen ja kunnon seurantaan. Tämä tekniikkaa kiinnostaa eniten nuoria hyväkuntoisia kilpaurheilijoita ja liikunnan aktiiviharrastajia. Haasteena on passiivisten ja huonokuntoisten ihmisten motiivointi liikunnan aloittamiseen sekä näiden pysyvä sitoutuminen liikunnan harjoittamiseen. Myös aivojen hyvinvoinnin edistäminen on jäänyt toistaiseksi pitkälti unohtuksiin ja kehosta huolehtimisen varjoon.

Jotta terveysliikuntaa voitaisiin edistää, on luotava palvelualustoja, jotka helpottavat hyvinvointia parantavan liikunnan aloittamista ja säännöllistä harrastamista. Tähän kuuluisi yksilöllinen ohjaus ja palaute liikuntaaktiivisuuden laadusta, määrästä ja vaikuttavuudesta. Kyse olisi eräänlaisesta ”jokamiehen henkilökohtainen valmentaja” -konseptistä. Toimintamalli voisi pohjautua ainakin osaksi vuorovaikutteisiin tietokoneohjelmiin tai internetpalveluihin. Hyvälaatuisten palveluiden kehittämisessä tarvittaisiin osaamista kauppatieteistä, tekniikasta, liikuntafysiologiasta, biomekaniikasta, kansanterveydestä, lääketieteestä, ravintotieteestä, psykologiasta ja sosiologiasta.

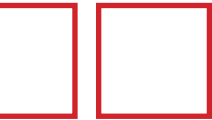
Näillä alueilla on maassamme hyvää osaamista, mutta osaamiset eivät ole kohdanneet laaja-alaisen kokonaisnäkemysten muodostamiseksi poikkiteollisessa hengessä. Alan osaaminen on lisäksi maantieteellisesti pirstoutunut pienehköihin yksiköihin. Palvelualustojen synnyttäminen vaatii osaajia, jotka ymmärtävät terveysliikunnan tarpeet ja vaikutukset myös eri kohderyhmissä. Liikunnan piiriin tulisi saada lapset, nuoret, lapsiperheet, seniorit, kiireistä työelämää elä-

vät kansalaiset ja työttömät sekä vammaiset. Liikuntaan motivoivan viestinnän ei tule keskittyä pelkkään painonhallintaan tai luuston vahvistamiseen, vaan myös liikunnan henkistä suorituskykyä ja hyvinvointia vahvistaviin ominaisuuksiin.

Liikuntapalvelut olisi helppoa ja luontevaa kohdata kouluissa, työpaikoilla, kylpylöissä, kuntosaleilla, hyvinvointikeskuksissa, urheilupuistoissa, palvelutaloissa. Palvelut voivat olla yhteiskunnan luomia ja ylläpitämiä tai yksityisiä. Yksityisen kaupallisen toiminnan näkökulmasta olennaista on, että yritystoiminnan aloittamisen esteitä ja riskejä pienennetään. Julkisella puolella voitaisiin ajatella kansallista pilottihanketta, jossa sopivalle kohderyhmälle luotaisiin kyseinen palvelu. Toimivia palvelukonsepteja voidaan myös myydä ulkomaille.

Liikuntateknologia yhdistää useita tekniikan aloja sekä lääketieteen ja liikunnan osaamista. Suomalaisen osaamisen esikuvana ja keihäänkärkenä ovat sykettä ja sen vaihtelua mittaavat rannetietokoneet. Yksinkertainen oivallus on johtanut johtavaan asemaan maailmanmarkkinoilla. Laitteiden tekniikassa ja käytettävyydessä on kuitenkin edelleen toivomisen varaa. Uusia innovaatioita tarvitaan, jotta ymmärrettäisiin aiempaa paremmin ihmisten sitoutumiseen vaikuttavia tekijöitä. Käyttäjät luopuvat usein mittarien käytöstä ensinnostuksen haihduttua tai viimeistään silloin, kun sykepannan paristo on loppu. Toisaalta väitetään, että tietyn aikaa tekniikkaa käytettyään oppii tuntemaan oman kehonsa käyttäytymisen rasiituksen aikana niin hyvin, ettei mittausta enää tunne tarvitsevänsä.

Kuinka vastata terveysliikunnan motiivoinnin haasteeseen? Teknologian ohella tarvitaan laajaa kansanterveystieteen ja käyttäytymistieteiden osaamista. Tavoitteena tulisi olla se, että löydetään selkeitä väestötason menetelmiä, joilla ihmisiä kannustetaan ennaltaehkäisevään liikuntaaktiivisuuteen. Apuna voisivat olla yksilölliset kartoitukset ja suositukset elämäntapojen ja



geeniperimän perusteella sekä mahdollisesti tietoverkon kautta tapahtuva vertaisryhmien sisäinen kannustus.

Tämä osaamisalue liittyy ihmisen fysiologisten toimintojen mittaamiseen, jossa on yhdistettävä osaamista lääketieteestä, fysiologiasta, liikuntafysiologiasta, biomekaniikasta, fysiikasta, lääketieteellisestä tekniikasta ja mittaustekniikasta. Osaaminen on Suomessa huippuluokkaa, mutta poikkitieteellisyyttä ei ole hyödynnetty tarpeeksi. Uudet innovaatiot ovat syntyneet yleensä eri tieteenalojen kohdatessa. Terveystieteiden edistämiseen liittyvät mahdollisuudet ovat meillä erinomaiset seuraavien kymmenen vuoden tähtäimellä.

Liikuntafysiologinen mittaustekniikka on useiden suomalaisten yritysten ydinosaamista, mutta alan koulutuksessa riittää vielä kehitettävää. Yritykset joutuvat useimmiten viimeistelemään työntekijöidensä koulutuksen omin voimin. Koska alue ei ole ollut painopistealuetta yhteiskunnan tukia jaettaessa, monet mahdollisuudet ovat jääneet toistaiseksi hyödyntämättä. Sovellukset ovat terveydenhoitokoulujen pientymisen ja vientitulojen kasvun kautta merkittäviä paitsi kansanterveyden, myös kansantalouden kannalta.

Sovellusmahdollisuuksia löytyy sitä enemmän, mitä paremmin eri osaamisalueet kohtaavat. Olisi siis perustettava korkeakouluihin ja tutkimuslaitoksiin yksiköjä, joissa hyvinvoinnin edistämisen tiedettä ja tekniikkaa harjoitetaan yhdessä. Suomalainen yritys toiminta on alalla maailman kärkipäässä, ja aktiviteettia lisäämällä voimme saada siitä merkittävän teollisuudenalan. Olisi erityisen tärkeää saada alan teollisuudessa työskentelevien johtavien tutkijoiden tiedot, näkemys ja kokemus syötettyä luontevasti akateemiselle sektorille, jotta tutkimukseen ja kauppaan liittyviä virhearvioita saataisiin poistetuksi.

Tyypillinen tuotekehitys alalla vaatii teknis-lääketieteellisen osaamisen lisäksi taloustieteiden, markki-

noinnin ja juridiikan tietoja. Patentoinnin käytäntöjen ja merkityksen ymmärtäminen on suomalaisen akateemisen yhteisön sokea piste. Jos opiskelijat saisivat selkeästi moni- ja poikkitieteellistä koulutusta yliopistollisten perus- ja jatko-opintojen aikana, heidän valmiutensa olisivat työelämässä merkittävästi nykyistä paremmat. Tutkimusryhmissä olisi valmiuksia ymmärtää toisten erikoisalojen osaamista. Nopeus vastata uudensuunnaisiin kehityshaasteisiin kasvaisi. Myös lääketieteellisissä tiedekunnissa ja sairaanhoitajakoulutuksessa pitäisi opettaa teknologiaa uudenlaisten osaamisprofiilien synnyttämiseksi. Hyvinvointiteknologian kouluttajia tulisi alkuvaiheessa rekrytoida toisten korkeakoulujen opettajista ja liike-elämästä.

Aivo- ja neurotutkimus sovelluksineen

Ihmisaivojen ja keskushermoston perustutkimus on edistynyt viime vuosina suurin harppauksin mm. kuvantamismenetelmien nopean kehittymisen takia. Menetelmistä tärkeimpiä ovat magneettikuvaus (MRI), röntgenkerroskuvaus (CT), positroniemissiotomografia (PET) ja magnetoenkefalografia (MEG). Geenitutkimuksen kautta on opittu ymmärtämään mielen-terveyden ja käyttäytymisen häiriöiden syntymekanismia esimerkiksi skitsofreniassa ja kaksisuuntaisessa mielialahäiriössä. Lisäksi perinteisen aivosähkökäyrän tulkittamisessa on saavutettu edistysaskelia uusien matemaattisten menetelmien avulla. Tekniikat ovat tulleet nopeasti kliiniseen käyttöön aivosairauksien diagnostiikassa, leikkauksista kuntoutumisesta ja hoitojen tulosten seurannassa. Väestön vanhetessa aivojen rappeutumisen eri asteet kognitiivisen toiminnan häiriöistä dementiaan ja Alzheimerin tautiin ovat nousseet huomion keskipisteen aivoverenkierron häiriöiden lisäksi.

Tällä hetkellä tutkitaan myös sitä, miten terveet aivot ylikuormittuvat nykyajan kiihkeärytmisessä ja kuormittavassa työelämässä ja millaisia kognitiivisen



suorituskyvyn poikkeamia tästä voi seurata. Suorituskyvyn dynaamiseen arviointiin on kehitetty helppokäyttöisiä tietokonetestejä, joiden kanssa voidaan käyttää kevyttä aivotuiminnan mittaustekniikkaa. Näin on saatu uutta tietoa mm. vuorotyön rasituksen vaikutuksista, yleisen työuupumuksen ja/tai masennuksen asteesta sekä vanhusten aivotuiminnan heikkenemisen kvantitatiivisesta arvioinnista. Korkeatasoista perustutkimusta tehdään useissa ryhmissä yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa, ja tietoa sovelletaan käytäntöön mm. Työterveyslaitoksessa. Osaamista on useissa akateemisissa huippuryhmissä perustutkimuksen tasolla ja Työterveyslaitoksella myös käytännön tasolla. Saatua tutkimustietoa tarvitaan työterveyshuollossa mm. vaativaa vuoro- ja valvomotyötä tekevien toimintakyvyn seurannassa. Tietoa tarvitsevat lääkärit, potilaat, lääketeollisuus, eläkevakuutusyhtiöt, työnantajat ja tutkijat.

Aivojen terveys edellyttää myös tarpeellista unen kokonaismäärää ja erityisesti laatua. Huomattava osa kansalaisista kärsii eriasteisista unihäiriöistä. Niiden vakavuudesta saadaan nykyisin tietoa vain ns. unilaboratorioissa. Yli yön kestävät mittaukset ovat hankalia. Tulokset eivät ole useinkaan luotettavia poikkeuksellisen ympäristön takia. Alalla on suuri tarve kehittää kevyitä mittausten menetelmiä, joilla voidaan mitata unenai-kaista aivojen ja sydämen toimintaa ihmisen nukkuessa omassa vuoteessaan.

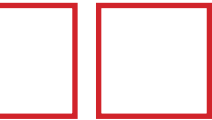
Luotettavista unimittauksista saatavalla uudella tiedolla voidaan vaikuttaa kansantautien hoidon kustannuksiin. Hyötyjä koituu esimerkiksi siitä, että uniapneat ja niiden vakavuus havaitaan entistä aikaisemmin. Samoin saadaan objektiivista tietoa työuupumuksen tunnistamisen ja hoitamisen perustaksi sekä epä-säännöllistä työaikaa tekevien terveydentilan valvontaan. Kun kehitetään uusinta miniatyrisoitua tekniikkaa, uudistetaan unitutkimusta ja otetaan sovelluksia käyttöön laajassa mitassa, tarvitaan tekniikan hallitse-

vien yritysten, akateemisten unitutkijoiden ja lääkärin konkreettista yhteistyötä.

Samalla, kun aivosairauksien hoitomenetelmät ovat kehittyneet, myös toipumisvaiheen kuntoutus on noussut yhä tärkeämpään asemaan. Kuntoutuksen vaikuttavuudesta on kuitenkin toistaiseksi riittämättömästi tietoa. Suomalainen perus- ja soveltava neurotutkimus tuottaa uutta kuntoutukseen soveltuvaa tietoa mm. aivojen plastisuudesta. Perusterveydenhuoltomme käyttää fysio-, toiminta-, puhe- ja psykoterapiaan sekä neuropsykologiseen kuntoutukseen kohtalaisen suuren panostuksen. Tällä hetkellä kuntoutus kohdistuu sairauksiin, mutta jatkossa tulisi huomiota kiinnittää myös sairauksien ehkäisyyn sekä työkyvyn ja kognitiivisten taitojen ylläpitämiseen. Aivojen kognitiivisten toimintojen kuntoutus edistää paitsi sairauksista toipumista, myös ikääntyvän väestön ja mahdollisuuksia toimia aktiivisesti ja tuottavasti sekä työelämässä että sen ulkopuolella.

Tavoitteisiin pääsemiseksi tarvitaan lääketieteellistä ja psykologista (aivotutkimus, neuropsykologia) sekä farmakologista ja hoitotieteellistä (kuntouttajat, hoitajat, hoivaajat) yhteistyötä mahdollisten uusien kuntoutustapojen vaikuttavuuden osoittamiseksi. Tarvitaan sellaisia tutkimusryhmiä, joissa potilas/väestöryhmiä voidaan seurata ja kuntouttaa ja tutkia tieteellisesti riittävän monialaisesti. Osa tästä voidaan ehkä suorittaa "etäteknologian" avulla. Jos ja kun voidaan osoittaa todella vaikuttavia menetelmiä esimerkiksi muistin, kognition ja motoristen taitojen kehittämiseen ja kuntoutukseen, sovellusmahdollisuudet ovat laajat.

Vaikka aivotutkimuksen kehitys on ollut nopeaa, nykyiset yleisimmin käytössä olevat kuvantamismenetelmät soveltuvat huonosti lasten tutkimiseen. Menetelmillä on valtava potentiaali myös perustutkimuksessa. Tarkkaavuus- ja yliaktiivisuushäiriö, oppimisvaikeudet ja muut kognitiiviset kehityshäiriöt ovat



nousseet ongelmiksi ja haasteiksi koulu- ja terveydenhuoltojärjestelmälle. Aivojen kuvantamismenetelmiä tulisi soveltaa myös lapsiin mm. sen selvittämiseksi, onko kyse aidoista kognitiivisista häiriöstä vai jostakin muusta.

Suomessa aivotutkimuksella on vankat perinteet, ja tutkijoihin kuuluu niin psykologeja, kognitiotieteilijöitä, lääkäreitä, fyysikoita kuin insinöörejäkin. Kehitystyötä tehdään jo useissa tutkimusryhmissä, ja erityisesti lasten tutkimiseen soveltuvien menetelmien kehittämiseen tulisi panostaa erilaisilla rahoitusmuodoilla. Vanhojen menetelmien lisäksi Suomessa tulisi nyt panostaa myös uusiin tutkimusmenetelmiin. Näitä ovat mm. optinen kuvantaminen sekä aivojen kartoitus ja kuntoutus magneettisiin ärsykkeisiin perustuvalla tekniikalla.

Sosiaali- ja terveyspalvelujärjestelmän kehittäminen

Sosiaali- ja terveyspalvelujärjestelmän tehokkuus ja vaikuttavuus ovat lähivuosien tärkeimpiä yhteiskunnallisia kysymyksiä. Väestön vanheneminen, teknologian kehitys ja ihmisten vaatimukset lisäävät voimakkaasti järjestelmän kustannuksia. Työvoimapula vaikeuttaa palvelujen kehittämistä ja ylläpitoa. Työvoimapulan takia joudutaan korottamaan sosiaali- ja terveydenhuollon palkkoja, mikä lisää edelleen järjestelmän kustannuksia.

Julkista sosiaali- ja terveyspalvelujärjestelmää voidaan ylläpitää nykytasolla ja/tai kehittää vain, jos palvelujärjestelmän tuottavuutta parannetaan ja uutta teknologiaa hyödynnetään järkevästi. Jos järjestelmä on laadukas ja kustannuksiltaan kohtuullinen, palveluja voidaan myydä myös muihin EU-maihin ja EU:n ulkopuolelle. Markkinoita voi avautua erityisesti Itä-Euroopan maissa. Palvelujen tuottaminen muiden maiden kansalaisille edellyttää korkeaa laatua, tehokasta

markkinointia ja julkisen ja yksityisen sektorin tiivistä yhteistyötä.

Palvelujärjestelmä on jatkuvassa muutoksessa. Tavoitteena ovat hoidon oikea-aikaisuus ja jatkuvuus, saumattomat palveluketjut, yhteistyön ja työnjaon kehittäminen sekä osaoptimoinnista johtuvien ongelmien poistaminen. Osaoptimoinnilla tarkoitetaan yksittäisen toimijan kannalta näennäisesti tarkoituksenmukaisia, mutta kokonaisuuden kannalta epätarkoituksenmukaisia ratkaisuja. Lääketieteen ja informaatioteknologian kehitys muuttavat radikaalisti palvelujärjestelmän toimintaa ja rakenteita. Nämä muutokset on otettava huomioon suunnitteilla olevassa kunta- ja palvelurakennemuutoksessa. Kaikissa vaihtoehdoissa tulee päämääränä olla suurempi yksikkökoko, päälekkäisyyksien poistaminen ja nykyistä toimivampi yhteistyö ja työnjako. Samoihin tavoitteisiin pyritään myös muissa OECD-maissa käynnissä olevissa uudistuksissa.

Palvelujärjestelmän uudistaminen onnistuu vain, jos nykyjärjestelmän vahvuudet ja heikkoudet arvioidaan huolellisesti ja uudistustyössä käytetään hyväksi muiden maiden ja muiden sektoreiden (prosessiteollisuus, palvelualat) kokemuksia. Merkittävimmät innovaatiot syntyvät eri tieteenalojen, yhteiskuntasektoreiden ja paradigmojen rajapinnoilla, ja siksi muiden alojen asiantuntijoiden kuuleminen ja käyttäminen palvelujärjestelmän kehittämistyössä on erityisen tärkeää. Palvelujärjestelmän innovaatioilla on tärkeä merkitys oman maan kannalta, mutta niillä voi olla arvoa myös vientituotteina.

Yksi tehokkaimmista keinoista parantaa sosiaali- ja terveysjärjestelmän vaikuttavuutta ja hillitää kustannusten kasvua on panostaminen tutkimus- ja kehittämissuorityöhön. Tutkimuksen avulla on mahdollista kehittää tehokkaita ja taloudellisia keinoja sairauksien ehkäisyyn, diagnostiikkaan, hoitoon ja kuntoutukseen. Voimavaroja tarvitaan myös perustutkimukseen, sillä



vain perustutkimus tuottaa tietoa, jonka avulla voidaan ennustaa ja ratkaista tulevaisuuden ongelmia.

Valtaosa sairauksien ehkäisyyn, diagnostiikkaan ja hoitoon liittyvästä uudesta tiedosta tuotetaan oman maan rajojen ulkopuolella. Kansallisessa terveysprojektissa päätettiin osoittaa aikaisempaa oleellisesti enemmän voimavaroja teknologian arviointiin ja kansallisten hoitosuositusten laatimiseen. Palvelujärjestelmän kannalta on tärkeää, että näiden toimintojen rahoitus on riittävää myös tulevaisuudessa. Uuden tiedon hankkimisen näkökulmasta on lisäksi välttämätöntä, että omassa maassa tehdään korkeatasoista kliinistä tutkimusta. Ilman oman tutkimuksen tuomaa asiantuntemusta ei ole mahdollista kriittisesti arvioida ja hyödyntää muualla tuotettua tietoa.

Sosiaali- ja terveysjärjestelmiin kohdistuvan tutkimuksen merkitys kasvaa tulevaisuudessa. Tietoa voi puuttua siitä, millainen on ihanteellinen järjestelmä. Järjestelmä voi myös olla perusteiltaan terve, mutta sen toimeenpanossa epäonnistutaan, kun tietoa ei ole riittävästi. Järjestelmätutkimus (hyvinvointipolitiikan tutkimus, palvelujärjestelmätutkimus, terveystaloustiede, informaatioteknologia) on luonteeltaan poikkitieteellistä; se käyttää terveystieteiden, yhteiskuntatieteiden, käyttäytymistieteen ja taloustieteiden menetelmiä. Järjestelmätutkimukselle on ominaista, että tulokset ovat usein sidoksissa aikaan, yhteiskuntaan, ihmisiin ja kulttuuriin, ja ne ovat vain osaksi siirrettävissä maasta toiseen ja yhteiskunnasta toiseen. Tämä korostaa tarvetta tehdä alan tutkimusta omassa maassa.

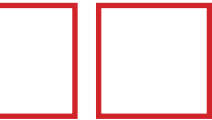
Terveystutkimuksen vaikuttavuuden parantamiseksi tulee julkisen tutkimusrahoituksen (Suomen Akatemia, Tekes, EVO, Sitra) koordinaatiota parantaa. EVO-järjestelmä (valtion korvaus terveydenhuollon toimintayksiköille tutkimukseen ja koulutukseen) tulee säilyttää, mutta sitä tulee kehittää niin, että järjestelmä palvelee mahdollisimman hyvin väestön tervey-

den edistämistä ja palvelujärjestelmän kehittämistä. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää sellaisen tiedon tuottamiseen, joka ei ole hankittavissa muualta. Strategiseen perustutkimukseen (tulevaisuuden ongelmien ratkaisemiseen tähtäävä tutkimus) tulee osoittaa riittävästi voimavaroja.

Terveysalan teknologian ja lääkehoidon merkitys kasvaa edelleen voimakkaasti. Suomessa on runsaasti tämän alan osaamista ja mahdollisuus uskottavasti testata innovaatioita reaaliympäristössä. Hyvin toimiva palvelujärjestelmä, tutkimukseen myönteisesti suhtautuva väestö ja kehittyneet tietojärjestelmät tarjoavat ainutlaatuisen mahdollisuuden ennaltaehkäisyn (esim. rokotteet) ja hoidon vaikuttavuutta koskevaan tutkimukseen. Terveyspalvelujärjestelmän tulee aktiivisesti etsiä ja tehdä yhteistyötä alan teollisuuden kanssa uusien innovaatioiden vaikuttavuuden ja taloudellisuuden testauksessa. Yliopistojen tulee lisätä terveystaloustieteen tutkimusta ja koulutusta vaikuttavuustutkimuksessa tarvittavan osaamisen parantamiseksi.

Terveydenhuollon tietojärjestelmät ovat Suomessa keskimäärin hyvin kehittyneitä. Järjestelmissä on kuitenkin edelleen päällekkäisyyksiä ja puutteita, ja osa tietovarannoista on alikäytössä. Hyödyntämistä vaikeuttavat tietosuojalainsäädäntöön liittyvät esteet ja niukat resurssit. Perusterveydenhuollon tietojärjestelmissä on puutteita, mikä vaikeuttaa perusterveydenhuollon toiminnan arviointia ja kehittämistä. Tietojärjestelmien uudistustyö on käynnissä sosiaali- ja terveysministeriössä, ja se tulisi viedä mahdollisimman nopeasti päätökseen.

Informaatioteknologia muuttaa radikaalisti palvelujärjestelmän rakenteita ja toimintatapoja. Palvelujärjestelmän toimintaa koskeva tieto kerätään kattavasti ja keskitetysti, ja sitä käytetään jatkuvasti järjestelmän kehittämisessä sekä kansallisen sosiaali- ja terveyspolitiikan suunnittelussa. Tämän alueen näkymiä ja osaa-



miseen liittyviä kehittämistarpeita käsitellään yksityis-kohtaisesti omalla osaamisalueellaan.

Koti- ja etähoidon teknologiat ja palvelut

Koti- ja etähoidon merkitys tulee kasvamaan samalla, kun ikääntyneen väestön osuus kasvaa ja teknologia tarjoaa uusia mahdollisuuksia. Etädiagnostiikan ja -hoidon tarve tulee olemaan suuri etenkin tyhjenevillä Itä- ja Pohjois-Suomen alueilla. Etäpalveluiden merkitys kasvaa myös erikoissairaanhoidossa, sillä vaativien hoitojen asiantuntemus joudutaan keskittämään maantieteellisesti nykyistä harvempiin pisteisiin. Tällöin on mahdollista sijoittaa esimerkiksi kuvantamislaitteita hajautetusti lähemmäksi asiakkaita, mutta radiologit voivat tietoverkon kautta tulkita digitaaliset kuvat ja antaa niistä lausunnon etätoimintana.

Kun koti- ja etähoitoa kehitetään terveydenhuollon palvelujärjestelmän luonnolliseksi ja hyvin toimivaksi osaksi, joudutaan samalla selvittämään monia lääketieteellisiä, teknologisia, taloudellisia ja inhimillisiä ongelmia. Ongelmat on ratkaistava, jotta tavoitteet sairauksien varhaisen ja luotettavan diagnoosin, hoidon laadun, tehokkuuden ja kustannussäästöjen suhteen saavutettaisiin. Ratkaisujen tulee sisältää riittävän houkuttelevia ansaintamalleja, jotka kannustavat yrittäjähenkisiä tutkijoita, insinöörejä ja lääkäreitä kehittämään ja tuotteistamaan palveluita uusien konseptien ja teknologioiden pohjalta.

Modernilla lääketieteen teknologialla pystytään mittaamaan monipuolisesti ihmisen fysiologisia elintoimintoja potilaan ollessa nukutettuna tai tehohoidossa. Sairaalavuoteen ulkopuolella monet mittauksista ovat vaikeampia ja epäluotettavampia muun muassa siksi, että potilas liikkuu tai jännittää mittaustilannetta. Lääkärin vastaanotolla satunnaisesti tehdyt mittaukset taas voivat antaa potilaan tilasta väärän kuvan verrattuna siihen, että mittaus voitaisiin tehdä kotioloissa. Nämä ongelmat on tunnistettu ja todennettu esimer-

kiksi verenpaineen mittauksen ja lasten astmadiagnostiikan yhteydessä. Kotona tehtävät mittaukset voivat hyödyttää myös monien muiden kroonisten sairauksien, kuten diabeteksen, liikalihavuuden sekä neurologisten ja aivosairauksien (Parkinsonin tauti, dementia, Alzheimer) hoidossa ja seurannassa. Myös depression, muiden mielenterveyden ongelmien ja käyttäytymisen häiriöiden seurantaan on kehitteillä helppokäyttöisiä menetelmiä, jotka perustuvat verkon kautta tehtäviin kyselyihin.

Etähoidon teknologian kehityksen ensimmäisessä aallossa keskityttiin enemmän tiedonsiirto-järjestelmiin kuin merkitsevän ja luotettavan mittaustiedon tuottamiseen. Yleisimmät kotona yksin asuvien vanhusten krooniset ja akuutit ongelmat liittyvät sydämen, verenkierron, hengityksen ja aivojen toimintaan, unen laatuun ja lisääntyneeseen tapaturmariskiin. Useimmat sairaalassa käytössä olevat mittaustekniikat eivät sovellu suoraan näihin liittyvien keskeisten elintoimintojen suureiden mittaukseen. Tekniikat edellyttävät henkilön kehon pintaan kiinnitettäviä mittaustureita, joista yleensä lähtee kaapeli varsinaiseen mittalaitteeseen. Langattomia antureita on kehitetty ja kehitteillä erityisesti sydämen ja aivojen sähköisten signaalien mittaukseen, mutta ne tarvitsevat yhteensä paristot, joiden vaihtotarve on merkittävä haitta.

Suomessa on vahvaa mittausteknistä osaamista, mutta se on hajallaan ja painottunut terveen nuoremman väestön liikuntaharrastuksia tukeviin sovelluksiin. Tällöin helppokäyttöisyyden vaatimukset eivät ole niin suuria kuin vanhuksille tarkoitetuissa tuotteissa. Pääasiallinen mitattava suure on ollut sydämen syke sekä siitä laskennallisesti johdetut yleiskuntoa kuvaavat indeksit. Sydämen rytmin mittaus olisi yksi tärkeimmistä seikoista myös etähoidossa olevien potilaiden tilan seuraamisessa, mutta se vaatii toteutuakseen useita teknisiä läpimurtoja ja innovaatioita. Esimerkkinä voi-



daan pitää jo saatavilla olevia, vaatekappaleisiin kudotuja huomaamattomia elektrodeja, jotka tallentavat sydämen tuottamaa signaalia. Paitsi ihmiseen itseensä, antureita voidaan kiinnittää myös asunnon rakenteisiin. Hyvänä esimerkkinä on Suomessa kehitetty ”älykäs lattia”, joka valvoo asukkaan yleistä aktiivisuutta ja myös elintoimintoja tämän nukkessa tai esimerkiksi kaatuessa. Kotihoidon tekniikan alueella on maassamme paljon muutakin innovaatiotoimintaa. Teknisten ratkaisujen kypsyessä on tärkeää siirtää painopistettä yhä enemmän palveluinnovaatioihin.

Voidaan olettaa, että 5–10 vuoden kuluessa saadaan käyttöön ainakin osa kotona asuvan henkilön ihon pintaan kiinnitettävästä mittaustekniikasta. Tällöin kaikki tällä tavoin kerätty tieto saadaan hoitohenkilöstön käyttöön reaaliajassa. Seuraava kysymys on, kuka analysoi syntyvän tietomassan ja miten poikkeaviin tuloksiin voidaan reagoida. Analysointiin tarvitaan edistyneitä virtuaaliälyyn pohjautuvia tietokoneohjelmistoja, joiden perusteella hoito- ja hoivajärjestelmän inhimilliset resurssit hälytetään ja ohjataan tarvittaessa apuun. Merkittävä edistysaskel järjestelmän luotavuudessa voitaisiin saavuttaa kaksisuuntaisen digitaalisen TV:n tarjoaman näkö- ja puheyhteyden avulla. Tämä tekniikka on kokeiluvaiheessa, ja sitä voitaisiin hyödyntää myös yksin asuvien sosiaaliseen yhteydenpitoon omaisten ja tuttavien kanssa. Periaatteessa sillä voitaisiin seurata myös henkilön kognitiivisen toiminnan tasoa käyttörutiineihin piilotettujen tehtävien avulla. Samoin lienee mahdollista parantaa vanhusten useimmiten laajan ja raskaan lääkehoidon toteutumista ja sen vaikutusten seurantaa. Kodin terveys- ja hoivatekniikan laajamittainen käyttöönotto riippuu ratkaisevasti sen helppokäyttöisyydestä ja asettaa suuria haasteita inhimillisten käyttöliittymien suunnittelijoille.

Huippuunsa teknistyneeseen etä- ja kotihoitoon tulee liittymään myös ammatillisia ja eettisiä haasteita. Miten lääkärin ja muun hoito- ja hoivahenkilöstön

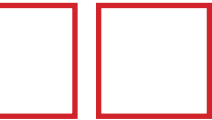
työnkuvat muuttuvat? Vähentääkö tekniikka hoitoon ja hoivaan liittyvää inhimillistä vuorovaikutusta? Lisäantyykö lääkehoito entisestään muun hoidon kustannuksella? Ovatko intimizeettisuojaan liittyvät ongelmat ratkaistavissa? Siirtyykö vastuu vanhuksista suvulta etähoitojärjestelmälle? Vai voiko etäteknikka parhassa tapauksessa tarjota mahdollisuuksia sukupolvien yli ulottuvien perheyhteyksien tiivistymiseen?

Kun ensimmäinen ammattitehtämissään huipputekniikkaan vihkiytynyt sukupolvi tulee eläkeikään, etä- ja kotihoitovisioiden toteutumisessa avautuu mielenkiintoinen uusi mahdollisuus. Alan yritysten ja nuorten tekijöiden pitäisi osata hyödyntää tätä kriittistä etujoukkoa koealustana, kun he kehittävät senioreille tarkoitettuja tekniikoita ja palveluita.

Tietojärjestelmät ja tietohuolto

Sosiaali- ja terveyspolitiikan, palvelujen ja sosiaaliturvan kehittämisen on perustuttava riittäviin tietoihin väestön terveydestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä, terveystarpeista, palveluista ja niiden vaikuttavuudesta sekä näiden kehitysnäkymistä. Sosiaali- ja terveyspolitiikan tavoitteiden toteutumista on jatkuvasti voitava arvioida. Luotettavia ja ajantasaisia tietoja tarvitaan yksittäisen potilaan hoidossa sekä valtakunnallisessa, alueellisessa ja kuntatasoisessa suunnittelussa ja ohjauksessa.

Nykyisten tietolähteiden ja niiden hyödyntämisen puutteet tekevät vaikeaksi kuvata väestön terveyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä sekä hyödyntää kerättyä tietoa suunnittelussa ja arvioinnissa. Ongelmia on runsaasti. Tiedonkeruu on eräiltä osin päällekkäistä ja tuhlailevaa, mutta järjestelmässä on myös kattavuusaukkoja (mm. alue- ja paikallistason ja perusterveydenhuollon tietojärjestelmät). Kerättyä tietoa hyödynnetään vain osaksi, ja syynä tähän ovat niukat voimavarat, yhteistyön puute ja tietosuojalainsäädäntöön sisältyvät esteet. Sosiaali- ja terveysministeriössä pitkään



käynnissä ollut tietohuollon kehittämishanke tulee nopeasti saattaa loppuun. Ilman kaikkien toimijoiden käytössä olevaa luotettavaa ja ajantasaista tietoa ei nykyongelmia pystytä ratkaisemaan eikä tulevaisuuden ongelmia torjumaan.

Informaatioteknologian kehittyminen muuttaa radikaalisti sosiaali- ja terveyspalvelujärjestelmän toimintaa. Asiakkuuksien hallinta paranee. Ihmisten sairaus- ja terveystiedot ovat asianomaisten luvalla hoitohenkilöstön saatavilla – kun välineinä ovat langattomat päätelaitteet, tietoja voidaan tarkastella missä ja milloin tahansa. Potilaalla itsellään on pääsy suurimpaan osaan tiedostojä. Hän hakee ongelmaansa koskevan tiedon vaivatta netistä, mutta joutuu myös ottamaan enemmän vastuuta valinnoistaan. Kansallista terveysportaalia tarvitaan välittämään ihmisille luotettavaa tietoa sairauksien ehkäisystä ja hoidosta sekä opastamaan palvelujärjestelmän käytössä ja etuuksien hakemisessa. Portaali on luotavissa vain useiden eri toimijoiden (kunnat, sairaalat, terveyskeskukset, tutkimuslaitokset, Kela, kansanterveysjärjestöt) yhteistyönä.

Hyvin toimiva tietohallinto muodostaa perustan sosiaali- ja terveyspalvelujen tuottamiselle, toimintojen johtamiselle ja palveluprosessien kehittämiseksi. Kansallista, seudullista ja alueellista yhteistoimintaa varten tarvitaan koko maan kattavia perusratkaisuja. Kansalliseen terveydenhuollon kehittämishankkeeseen sisältyvässä työssä on asetettu tavoitteeksi valtakunnallisesti yhtenäinen tietojärjestelmäarkkitehtuuri. Tavoitearkkitehtuuri rakentuu paikallisten, alueellisten ja valtakunnallisten tietojärjestelmäpalveluiden yhteensopivuudelle kansallisten määrittelyjen tuella.

Kehittämistyön tavoitteena on digitaalisten terveystietojen pitkäaikaisarkkitehtuuri ja terveystietojen valtakunnallinen, tietoturvallinen saatavuus kaikille, joilla on lakiin perustuva tiedonsaantioikeus. Asiakirjojen tulee perustua kansallisesti määriteltyyn terminologiaan ja käyttää samoja luokituksia. Tietojärjestelmiä

ja arkistopalveluja käyttävät henkilöt tulee voida tunnistaa. Tietojen välitystä varten tarvitaan viestinvälityspalvelu, joka täyttää terveydenhuollon luottamukselliselle viestinnälle asetetut vaatimukset. Potilastietojen löytymiseksi tarvitaan asiakirjojen rekisteröintipalvelu. Samaan aikaan viestinvälityspalvelun ja asiakirjojen rekisteröintipalvelun kanssa tulee käynnistää dokumenttien sähköisestä säilytyksestä ja jakelusta vastaava valtakunnallinen arkistopalvelu. Ratkaisut tarjoavat mahdollisuuden kehittää myös kokonaan uusia valtakunnallisia palveluja.

Kansalliset ratkaisut ovat tärkeitä ihmisen ja palvelujärjestelmän kannalta, mutta myös tiedeyhteisön ja yritysmaailman kannalta. Arkkitehtuuri edistää palvelujen jatkuvaa kehittämistä, tukee hoitoprosessien sujuvuutta ja saumattomuutta sekä tekee mahdolliseksi julkisten ja yksityisten palvelutuottajien tasaveroisen kohtelun. Järjestelmä edistää kansalaisten osallistumista ja tiedonsaantia. Se integroi nykyiset tietojärjestelmät. Modulaarisena se sallii uusien palvelujen lisäämisen ja olemassa olevien palvelujen keskittämisen ja hajauttamisen. Arkkitehtuuri tarjoaa sähköisen asiointiyhteyden sosiaalivakuutukseen ja tilastoviranomaisiin ja tekee mahdolliseksi tietojen käytön tutkimustarkoituksiin siten, ettei yksityisyyden suoja vaarannu. Arkkitehtuuri helpottaa myös yritysten läpinäkyvää ja oikeudenmukaista kilpailuttamista.

Terveydenhuollon tietojen digitalisointi ja sähköinen potilaskertomus ovat useimpien teollistuneiden maiden strategisia tavoitteita, ja niiden suunnitteluun ohjataan runsaasti rahoitusta. Viime vuosina on nousut voimakkaasti esille tietojärjestelmien yhteistoiminnallisuus kansallisella ja kansainvälisellä tasolla. Kansallisen arkkitehtuurin kehittäminen ei kuitenkaan ole ollut yhtä järjestelmällistä kuin sähköisen potilaskertomuksen kehitystyö. Missään maassa ei ole toistaiseksi käytössä kansallista sähköistä potilaskertomusjärjestelmää.



Tietojärjestelmiin liittyvillä ratkaisuilla on arvoa myös vientituotteina. Suomalaisilla yrityksillä on poikkeuksellisen hyvät mahdollisuudet hyödyntää omassa tuotekehittelyssään sekä sähköisen terveystietomuksen että kansallisen tietojärjestelmäarkkitehtuurin kehitystyötä. Suunnitteilla olevaa järjestelmää voidaan käyttää kokeilukenttänä sekä koko järjestelmää että sen yksityiskohtia koskevassa kehittämistyössä (portaaliratkaisut, päätöksentekijärjestelmät, hoidon yhtenäistäminen, kansallisten hoitosuosituksen toimeenpano jne.). Kehittämistyö edellyttää voimakasta panostusta (yritykset, Tekes) ja kiinteätä yhteistyötä julkisen sektorin toimijoiden, asiantuntijoiden (mm. VTT, Duodecim-seura) ja yritysten välillä.

Sosiaali- ja terveydenhuollon tietojärjestelmiä koskevaa kehittämistyötä voidaan hyödyntää muilla hallinnonaloilla. Samat ongelmat koskevat kaikkia kunnallisia palveluita, ja näiden ongelmien ratkaisut ovat ihanetapauksessa identtisiä tai ainakin samansuuntaisia. Tietojärjestelmien kehittämiseen osoitetut voimavarat saadaan takaisin nopeasti ja moninkertaisina, jos kehittäminen toteutetaan valtakunnallisena ja kiinteässä yhteistyössä eri hallinnonalojen ja palveluntuottajien, asiantuntijoiden ja yritysten kanssa.

Lääketutkimus ja -kehitys

Lääkehoidolla voidaan vähentää sairauksien aiheuttama yhteiskunnallista rasitetta. Tyypillinen esimerkki on astman lääkehoito, joka on parantanut potilaiden elämän laatua ja samalla vähentänyt taudin aiheuttamia sairaalakustannuksia erittäin merkittävästi.

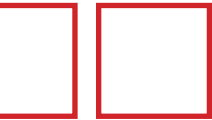
Maassamme tehdään korkeatasoista tutkimusta biolääketieteessä ja siihen läheisesti liittyvillä tieteen aloilla. Suomalaisista tieteellisistä julkaisuista noin 35 prosenttia liittyy lääke- ja hoitotieteisiin. Lähes 50 prosenttia julkaisuista liittyy luonnontieteisiin ja näistä suuri osa biolääketieteellisen perustutkimukseen. Lääketeollisuuden kansantaloudellinen merkitys Suomes-

sa on kuitenkin pienempi kuin väestöltään ja koulutustasoltaan vastaavissa maissa, kuten Sveitsissä, Ruotsissa ja Tanskassa. Suomen on mahdollista kasvattaa lääke- ja diagnostiikka-alan taloudellista merkitystä näiden maiden tasolle, mikäli alan kehittämiseen panostetaan pitkäjänteisesti.

Uusi lääke voi tuoda satojen miljoonien eurojen vientitulot. 25 viime vuoden aikana Suomessa on saatu markkinoille seitsemän alkuperäislääkettä, mikä on merkittävä saavutus, kun otetaan huomioon lääkekehityksen 10–15 vuoden aikajänne. Viime vuosina tutkimuspanokset suomalaisessa lääketeollisuudessa ovat olleet kansainvälistä tasoa (13–20 prosenttia liikevaihdosta), ja maahan on myös syntynyt pieniä innovatiivisia yrityksiä. Alaa on vaivannut pääomien puute varsinkin siinä vaiheessa, kun lääkekandidaatteja pitäisi viedä laajoihin ja kalliisiin III vaiheen tutkimuksiin.

Lääketeollisuudessa on sekä perus- että soveltavaa tutkimusta. Perustutkimuksessa haetaan uusia molekyyliperheitä, joita kukaan ei aiemmin ole tutkinut. Soveltavaa lääkealaa on siinä mielessä, että etenevän edellytyksenä on eri tautien syntymekanismien koskevan tiedon lisääntyminen. Lääkkeiden kehittämisen lähtökohdaksi valitaan mielellään kohdeproteiini, jonka merkitys valitun taudin patofysiologiassa ymmärretään. Uusiin kohdeproteiineihin kohdistuvaa tutkimustyötä tehdään julkisin varoin yliopistoissa. Työssä tarvitaan laajaa molekyylibiologista osaamista, geenimanipuloitujen eläinmallien luomista ja ennen kaikkea taudin patofysiologian ymmärtämistä. Sairauksien täsmällisen diagnostiikan merkitys kasvaa tulevaisuudessa, sillä monet uusista lääkkeistä tehoavat vain tarkoin määriteltäviin potilasryhmiin.

Lääkkeen kehittämisprosessi kestää seitsemästä kymmeneen vuotta. Lääkekandidaatin epäonnistumiseen voi olla monta eri syytä: lääkkeen siedettävyyden ei ole tarpeeksi hyvä, riittävää tehoa ei saada näytetyksi, järkevän muodon kehittäminen ei ole mahdollista tai



kilpailutilanne on muuttunut. Lääkekehitysprosessissa tarvitaan monien eri alojen osaajien (synteettinen ja analyttinen kemia, farmasia, farmakologia, toksikologia, farmakokinetiikka, kliininen lääketiede, biostatistiikka, datan hallinta ja siihen liittyvät IT-osaaminen, lääkealan juridiikka, viranomaisasiat, laadunvarmennus, projektinhallinta, markkinointi, terveystaloustiede) saumatonta yhteistyötä.

Suomessa on investoitu merkittävästi bioalan perustutkimukseen ja perustettu kuusi bioalaan keskittyntä tutkimusyksikköä, joista monissa toimii huippututkimusstatuksen saavuttaneita tutkimusryhmiä. Lisäksi Suomen Akatemia tukee yli kymmentä biolääketieteeseen kohdistuvaa tutkijakoulua. Näissä tutkimusympäristöissä olisi tärkeää korostaa translationaalista tutkimusta eli molekyyli- ja solutason tiedon yhdistämistä kliinisen lääketieteen tuottamaan tietoon. Aloite uuden European Molecular Biology Laboratory (EMBL) -statuksella määritellyn molekyyli- ja lääketieteen keskuksen perustamisesta Suomeen on kannatettava. Hankkeessa on voitava vahvistaa eri puolilla toimivien bioalan keskusten osaamista. Samoin Suomeen on rekrytoitava lisää kansainvälisiä osaajia, sillä erällä alueilla (farmakologit, bioinformaatikot, toksikologit, lääkekemistit, farmakokineetikot ja kliinistä tutkimusprosessia taitavat lääkärit) on pulaa asiantuntijoista. Myöskään lääkealan markkinoinnin asiantuntijoita ei kouluteta tarpeeksi. Toisaalta lääkealalla on ollut esimerkkejä myös markkinoinnin aggressiivisuudesta ja ylilyönneistä.

Lääketeollisuuden tarpeet olisi paremmin otettava huomioon yliopistojen koulutusohjelmissa joko peruskoulutuksen osana tai täydennyskoulutuksessa. Lääkeklusteri on pyrkinyt järjestämään alan koulutusta. Lääkealalla toimii kolme Suomen Akatemian tutkijakoulua. Olisi välttämätöntä, että nämä toimisivat nykyistä kiinteämmässä yhteistyössä – niiden tulisi suunnitella koulutusohjelmansa yhdessä integroiden

kansallista lääkealan koulutustarjontaa ja sen tarpeita. Tavoitteiden toteuttamiseksi olisi perustettava kansallinen lääkealan tutkijakoulufoorumi, jossa myös lääke-teollisuus olisi edustettuna. Alalle olisi saatava aikaan kansallinen lääkealan koulutusohjelma, jonka läpikäynnellä olisi tarvittava yleiskäsitys lääkekehitysprosessin eri osa-alueista. Tällaisesta ohjelmasta valmistuneilla tohtoreilla olisi enemmän käyttöarvoa teollisuudessa.

Tehokas sairaanhoitojärjestelmämme ja potilaitten tutkimusmyönteisyys ovat tehneet Suomesta suosittun kliinisten lääketutkimusten suorituspaikan. Lisääntynyt byrokratia on tosin vähentänyt yritysten halua teettää tutkimuksia Suomessa. Kliinisen tutkimuksen infrastruktuurin kehittäminen kansallisella tasolla on tärkeää kilpailukykyämme säilyttämiseksi. Lääkkeiden tuotannossa tarvitaan prosessi-insinöörejä, lääketyöntekijöitä sekä laaja laadunvarmistusorganisaatio kemisteineen. Lääkkeiden tuotannolla on merkittävä työllistävä vaikutus, mutta pystytäänkö alan tuotanto säilyttämään Suomessa? Vuonna 2006 voimaan tuleva lääkkeiden 15 prosentin hinnanalennus vie monien vanhojen lääkkeiden kannattavuuden niin alhaiseksi, että lopputuloksena saattaa olla näidenkin lääkkeiden tuotannon siirtyminen halvemman hintatason maihin, kuten Intiaan ja Kiinaan.

Biolääketieteellisen perustutkimuksen soveltaminen (translaatio) terveydenhuollossa

Biolääketieteellinen tutkimus on alue, jonka tuottamaa tietoa hyödynnetään koko ajan terveydenhuoltojärjestelmässä. Sen vaikutukset yltävät perustutkimuksesta kehittyvän hoiva-alan eri osa-alueille. Biolääketieteelliseen tutkimukseen ja sen translaatioon liittyvät tieteenalat (lääketiede, tietojenkäsittelytieteet, biotieteet) ja teknologiat (genomiikka, systeemibiologia, informaatio-



teknologia, lääkekehitys, kliiniset tutkimukset) ovat Suomessa vahvoja, mutta hajallaan.

Bioteknologian sovellutuksia on otettu käyttöön hitaasti, mutta sovellusten määrä kasvaa tällä hetkellä räjähdysmäisesti. Nopeasti lisääntyvä tieto solujen toiminnasta ja genomien rakenteesta kasvattaa markkinoita erityisesti molekyyli lääketieteessä. Konkreettisia sovelluksia on syövän diagnostiikassa ja hoidossa, mutta vaikutus lisääntyy monien muidenkin sairauksien ehkäisyssä, diagnostiikassa ja hoidossa. Suomessa on tällä alueella useita kilpailuetuja, jotka perustuvat kansalliseen terveydenhuoltojärjestelmään, tutkimusmyönteiseen ilmapiiriin, vahvaan kliinisen tutkimuksen ja perustutkimuksen perinteeseen sekä informaatioteknologian rakenteisiin ja osaamiseen.

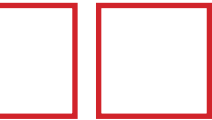
Genomitiedon hyödyntäminen johtaa jo lähitulevaisuudessa yksilöllisiin hoitokäytäntöihin (esim. lääkahoito, ravitsemushoito) ja kohdennettuihin seulontoihin. Genomiikkaan ja proteomiikkaan perustuva tieto auttaa ymmärtämään sairauksien syntymekanismia ja selvittämään perinnöllisen alttiuden ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksia monitekijäisissä sairauksissa. Tieto avaa mahdollisuuksia sekä yleisten että harvinaisten sairauksien ehkäisyyn, diagnostiikkaan ja hoitoon.

Monitekijäisesti periytyvien sairauksien ja ominaisuuksien geneettisten alttiustekijöiden selvittäminen on osoittautunut odotettua vaikeammaksi. Sairauksien patofysiologisten mekanismien tunnistamiseksi ja ymmärtämiseksi olisi tärkeää tunnistaa sellaisia alttiusgeenejä, joiden toimintaa ei aiemmin ole tunnettu tai osattu liittää sairauteen. Samoin on panostettava genomien ja ympäristön vuorovaikutusten mekanismeihin. Tutkimusta on tähän asti hidastanut genotyyppityksen työläisyys. Tämä este on väistymässä tekniikoiden kehittyessä ja ihmisen genomien rakennetta (erityisesti ns. haplotyyppiblokkeja) koskevan tiedon lisääntyessä. Uusimmalla mikrosiruteknologialla pystytään jo

tutkimaan noin 80 prosenttia ihmisen perimän yksilöiden välisestä vaihtelusta. Vastaavia teknologisia pullonkauloja ollaan ratkaisemassa myös esim. solujen signaaloinnin ja geenien toiminnan kokonaisvaltaisessa selvityksessä systeemibiologian keinoin.

Teknologisten esteiden väistyessä kriittiseksi teki jäksi ovat tulossa hyvin tutkitut ja kuvatut väestö- ja potilasaineistot. Tällä alueella suomalaisella tutkimuksella on selkeä etulyöntiasema moniin muihin maihin verrattuna. Väestö on geneettisesti ja kulttuurisesti yhtenäistä, käytössä on lukuisia laajoja ja hyvin tutkituja seuranta-aineistoja, terveydenhuoltojärjestelmä on tehokas, sosiaaliturvatunnusjärjestelmä tekee mahdolliseksi kattavan ja pitkäaikaisen seurannan ja ihmiset suhtautuvat tutkimukseen myönteisesti. Maassa on korkeatasoista lääketieteen, farmakologian, ravitsemustieteen ja käyttäytymistieteiden asiantuntemusta sekä pitkät perinteet genetiikan, epidemiologian ja syöpäbiologian tutkimuksessa.

Suomen tulisi panostaa molekyyli lääketieteeseen ja sen hyödyntämiseen muodostamalla kansallinen osaamiskeskus, jonka toimintaan osallistuvat kaikki avaintieteenalat. Kaupallista soveltamista varten tulisi osaamiskeskukseen integroida alan yrityksiä (lääke- ja diagnostiikkateollisuus, informaatioteknologiayritykset). Hankkeen toteutumiseksi on kriittistä julkisten tutkimusrahoittajien (opetusministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö, kauppa- ja teollisuusministeriön sekä näiden alaiset organisaatiot) saumaton yhteistyö yksityisten kotimaisten (säätiöt, kotimainen teollisuus) ja mahdollisten ulkomaisten rahoittajien (pohjoismaiset säätiöt ja yliopistot, kansainväliset riskirahoittajat Sitran välityksellä) kanssa. Opetusministeriön Biotekniikka 2005 -muistion esittämä molekyyli lääketieteen, -genetiikan ja -epidemiologian tutkimuskeskus sisältää osaamiskeskittymän elementtejä ja laajennettuna voisi sellaiseksi muodostua. Osaamiskeskittymän toteutumisen edellytyksenä olisi hallintomalli, joka tekee



mahdolliseksi kaikkien sen toimintaan osallistuvien toimijoiden kuulemisen.

Nanotiede ja -teknologia ovat tulevaisuuden aloja, joilla on potentiaalisesti suuri merkitys myös hyvinvoinnille ja terveydelle. Hoidon ja diagnostiikan kehitys edellyttää laaja-alaista ihmisen toiminnan mittaamista ja analysointia, mikä vaatii monipuolista biologisten ja fysiologisten sekä kemiallisten ja fysikaalisten menetelmien käyttöä. Monet uusista tutkimusmenetelmistä ja -välineistä edellyttävät molekyyli-tasoisten vuorovaikutusten ja ilmiöiden hallintaa ja entistä pienempien mittasysteemien kehittämistä. Nanoskaalan laitteet ja biomolekyylien muodostamat systeemit ovat siirtymässä terveyteen liittyvien mitta-järjestelmien toiminnallisiksi osiksi. Kemialliset ja biologiset nanopartikkelit saattavat mahdollistaa uudenlaisten analyysi- ja hoitomenetelmien kehittämisen. Älykkäät nanopartikkelit voivat tarjota nykyistä tehokkaampia ja varmempia mahdollisuuksia kohdentaa lääkitys paikallisesti, ajallisesti ja määrällisesti.

Nanoteknologiaan ollaan Suomessa osoittamassa merkittäviä voimavaroja. Jo nyt on syntynyt useita pienempiä, nanoteknologiaa hyödyntäviä diagnostiikan ja lääkeannostelualan yrityksiä, jotka ovat luonteeltaan tutkimus- ja tuotekehitysintensiivisiä. Hyvinvoinnin ja terveyden tulevaisuusnäkyvien kannalta olisi tärkeä varmistaa tehokas yhteistyö ja lisääntyvä integraatio koviin nanotieteisiin mm. yhteisten osaamiskeskittymien ja poikkitieteellisen tutkijakoulutuksen kautta.

Kantasolututkimus voi jo lähitulevaisuudessa muuttaa hoitokäytäntöjä monissa tautiryhmissä, kuten diabeteksessa, sydämen vajaatoiminnassa ja Parkinsonin taudissa. Pitemmällä aikavälillä kantasoluteknikoiden avulla voidaan korvata esim. maksa tai munuaisten. Kehityksen lähtökohtana on perustutkimuksen tuottama tieto kantasolujen tunnistamisesta ja käytäytymisestä. Tulosten hyödyntämisnopeus riippuu

yhteiskunnan asenteista ja säätelystä. Suomi tarjoaa ihanteelliset olosuhteet kantasolututkimukselle.

Terveystieteiden ja hyvinvointialan koulutus

Terveystieteiden ja hyvinvointiteknologiasektorilla on selkeä tilaus poikkitieteellisille osaajille, joilla on vahva matemaattis-luonnontieteellinen ja tekninen osaaminen sekä riittävän laaja biotieteiden yleissivistys. Tarvittava laaja-alainen osaaminen on suomalaisessa yliopistojärjestelmässä toistaiseksi hajaantunut useisiin yliopistoihin ja laitoksiin siten, ettei riittävän kokoisia monitieteiseen opetukseen ja tutkimukseen kykeneviä tiedekuntia ole muodostunut. Alan ammatillinen ydinosaaminen ei yksin riitä synnyttämään menestystarinoita, ellei samalla kouluteta juuri tälle alalle erikoistuneita liiketoiminnan ja markkinoinnin osaajia. Myös lääkäreiden ja muun hoitohenkilökunnan koulutuksessa tulisi kiinnittää huomiota uusimpaan tekniikkaan ja innovaatio toimintaan. On mahdollista, että alalle syntyy ajan mittaan myös uudenlaisia ammattiryhmiä kliinisen, teknisen ja tietoteknisen osaamiseen välimaastoon.

Lääketieteellisellä tekniikalla tarkoitetaan perinteisessä mielessä lähinnä laitteita ja menetelmiä sairaalolosuhteissa tapahtuvaa ihmisen kuvantamista, elintoimintojen mittausta ja valvontaa sekä hoitotoimenpiteitä varten. Alan koulutusta annetaan Suomessa viidessä yliopistossa, joista TKK, Tampereen teknillinen yliopisto ja Oulun yliopisto myöntävät diplomi-insinöörin tutkintoja ja Kuopion sekä Turun yliopistot maisterin tutkintoja. Oulun yliopistossa on lisäksi aloitettu uudentyyppinen poikkitieteellinen hyvinvointiteknikan maisterikoulutus. Näissä on yhteensä 16 alan professuuria, ja vuosittain valmistuu noin 50 diplomi-insinööriä ja 20–30 maisteria. Valmistuneista huomattava osa työllistyy Suomen lääketieteellisen tekniikan yrityksiin, joista suurimmat ovat viime vuosina tosin päätyneet



kansainvälisten suuryritysten omistukseen. Alan uusien yritysten perustajia ei valmistuneiden joukosta ole kuitenkaan noussut merkittävästi.

Bioinformatiikassa tutkitaan, kehitetään ja sovelletaan laskennallisia työkaluja ja lähestymistapoja laajentamaan biologisen tai lääketieteellisen tiedon käytettävyyttä. Samoin bioinformatiikassa kehitetään tiedon hankkimiseen, säilömiseen, arkistointiin, analysointiin ja visualisointiin liittyviä menetelmiä. Ihmisen genomia koskeva tieto molekyyli- ja solutasolta aina kudoksen ja elimien rakenteen ja toiminnan ymmärtämiseen asti pyritään tulevaisuudessa yhdistämään henkilökohtaiseksi terveysprofiiliksi. Tavoitteeseen pääsy edellyttää yliopistoissa annettavaa monitieteistä opetusta ja tutkimusta, jossa yhdistetään systeemibiologian, lääketieteen ja tietotekniikan tutkimusta.

Teknillisessä korkeakoulussa käynnistettiin vastauksena tarpeeseen Bioinformaatioteknologian (BioIT) koulutusohjelma vuonna 2003. Ohjelma oli laatuaan Euroopan ensimmäinen. Se on osoittautunut houkuttelevaksi hakukohteeksi ja kerännyt lahjakkaimman opiskelijajoukon. Myös Tampereen teknillinen yliopisto käynnisti 2005 vastaavanlaisen ohjelman. Bioinformatiikan peruskoulutusta annetaan myös useissa yliopistoissa. Kuopion yliopistossa on molekyyli- ja solubiologian linja, Tampereella biotekniikan maisteriohjelman bioinformatiikan linja ja Turussa bioinformatiikan muuntokoulutusohjelma. Alalla tarvitaan yhteinen biotieteitä ja insinööritieteitä yhdistävä tohtorikoulutusohjelma hyödyttämään kaikkia toimijatahoja ja avaamaan jatko-opiskelijoille mahdollisuuden toimia laajemmassa kansainvälisesti korkeatasoisessa tutkimusympäristössä. Alan poikkitieteellisyys ja opiskelijoiden lahjakkuuden takia voidaan odottaa, että jopa puolet valmistuneista haluaa jatkaa opintojaan tohtorintutkintoon saakka.

Maassamme olisi merkittävä tarve terveydenhuoltoalan kansainvälisen liiketoiminnan ja markkinoinnin

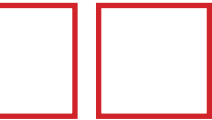
koulutukselle. Lääketeollisuuden vuotuiset maailmanmarkkinat ovat n. 500 miljardia USD ja lääketieteellisen tekniikan n. 200 mrd. USD. Vertailun vuoksi mainittakoon matkapuhelinteollisuuden volyymi n. 130 mrd. USD. Sekä perinteinen laitekeskeinen terveydenhuollon teknologia että lääketieteellisyys, bio-, nano- ja laskennallisiin tieteisiin painottuvat uudet alueet ovat liiketoimintoina erittäin globaaleja. Alalla toimii vahvoja ja jopa maailman suurimpiin kuuluvia kansainvälisiä yrityksiä, jotka ovat hankkineet omistukseensa kiinnostavimmat kasvuyritykset eri puolilta maailmaa.

Lääketieteen tekniikan laitteiden toiminnallisuuden ja tuotteiden kilpailukykyyn voidaan vaikuttaa huomattavasti korkeatasoisella käytettävyydellä ja muotoilulla. Hiljattain esitetty ajatus Taideteollisen Korkeakoulun, Kauppakorkeakoulun ja TKK:n yhdistämiseksi "Innovaatioyliopistoksi" saattaisi avata uusia koulutuksellisia sekä yrittäjyyden mahdollisuuksia myös tästä näkökulmasta.

Yhteenveto

Muutostekijät. Väestörakenne vanhenee ja muuttuu maantieteellisesti. Työikäiset ja lapsiperheet asuvat kaupungeissa ja niiden lähiympäristössä. Kuituville muuttotappioalueille jää vanhuksia. Huoltosuhteet heikenevät ja edessä on työvoimapula, jolloin tarvitaan maahanmuuttajia. Perinteisen perherakenteen murtuminen uhkaa etenkin lasten ja nuorten terveyttä ja hyvinvointia.

Koulutustaso kohoaa ja johtaa ammattirakenteidenkin muutokseen. Työvoiman tarjonta ja tarve eivät kohtaa. Rakenteellista työttömyyttä ja työvoimapulaa esiintyy rinnan. Hoitohenkilökunnasta on pulaa, palkat nousevat ja palvelujärjestelmä joutuu kustannuskriisiin. Maahanmuuttajia tulee alalle. Työelämä kiihtyy tietotekniikan myötä, ja työn ja vapaa-ajan ero hämärtyy. Esimiestyö ei suju, työilmapiiri huonontuu



ja osa työntekijöistä uupuu. Ongelmat koskevat laajasti suomalaista työelämää, mutta ovat erityisen suuria sosiaali- ja terveysalalla.

Kohonnut koulutus auttaa ihmisiä huolehtimaan terveydestään. Kouluttamattomat syrjäytyvät eivätkä piittaa terveydestään. Koulutetut pystyvät erottamaan työn ja vapaa-ajan toisistaan sekä harrastamaan liikuntaa ja kulttuuria. Julkisten kulttuuripalvelujen tarjonta vähenee talouden kiristyessä. Vauraat eläkeläiset nousevat tärkeäksi kulttuurin ja muiden palveluiden kuluttajaryhmäksi. Suomalainen yhtenäiskulttuuri pirstoutuu alakulttuureiksi.

Globaali kehitys vaikuttaa hyvinvointiin kaupan vapautumisen ja lisääntyneen liikkuvuuden myötä. Tarttuvat taudit, krooniset sairaudet ja haitalliset elämäntavat leviävät maasta toiseen. Verotus kevenee kansainvälisen kilpailun takia, ja rahat eivät riitä nykytason peruspalveluihin. Globalisaation hyödyt ovat silti haittoja suurempia. Vientituloilla on tärkeä osuus hyvinvointimme ja julkisen terveydenhoitomme ylläpitäjänä. Osaamisemme perustuu kansainväliseen yhteistyöhön tieteessä ja kulttuurissa.

Väestön terveys paranee edelleen. Elinajanodote nousee, mutta terveys ja hyvinvointi jakautuvat epätasaisesti. Osa väestöstä syrjäytyy ja sortuu päihteyssiin. Naiset voivat paremmin kuin miehet; sekä naiset että miehet voivat paremmin maan länsi- ja eteläosassa kuin idässä ja pohjoisessa. Lihavuuden aiheuttamat sairaudet lisääntyvät kaikenikäisillä. Ikärakenteen muuttuessa vanhenemiseen liittyvät sairaudet, mm. osteoporoosi, syöpä ja aivotoiminnan häiriöt, lisääntyvät. Huoli lasten ja nuorten mielenterveydestä kasvaa.

Sairauksien ehkäisy elämänkaaren yli korostuu. Tärkeimpiä kohteita ovat odottavat äidit ja kouluikäinen nuoriso. Vanhusväestön toimintakyvyn ja omatoimisuuden säilyttäminen on tärkeää. Liikunta ylläpitää ikäihmisten toimintakykyä paremmin kuin lääkkeet. Suomalaisella tiedeyhteisöllä ja teollisuudella on pal-

jon osaamista sairauksien ehkäisyssä. Geeni- ja epidemiologisen tutkimuksen avulla pystytään kehittämään hypoteeseja ja testaamaan niitä paremmin kuin muualla.

Terveyttä koskeva tieto lisääntyy nopeasti. Potilas hakee tiedon vaivatta netistä, mutta joutuu ottamaan enemmän vastuuta valinnoistaan. Tästä aiheutuu sosiaali- ja terveydenhuollon ammattilaisille haasteita ja mahdollisuuksia. Potilas-lääkärisuhde muuttuu tasa-arvoisemmaksi. Oikean tiedon löytäminen markkinointiviestinnän ja ”epätiedon” joukosta muuttuu yhä vaikeammaksi. Julkisen sektorin tärkeä tehtävä on välittää kansalaisille oikeata, näyttöön perustuvaa ja tuoretta tietoa.

Terveyspalvelujärjestelmän ongelmat lisääntyvät. Henkilökunnasta osa työskentelee jatkuvasti suorituskykynsä rajoilla, ja kunnilla on vaikeuksia rahoittaa järjestelmää. Kustannuksia lisäävät väestön vanheneminen, lääkintäteknologian kehitys, ihmisten kasvavat vaatimukset ja työvoimapula. Kansalaiset ovat pääosin tyytyväisiä julkiseen terveydenhuoltoon. Yksityisen terveydenhuollon osuus kasvaa, ja se tuottaa 15–20 prosenttia palveluista. Kilpailu lisääntyy ja mukaan tulee ulkomaisia toimijoita.

Terveydenhuollon kustannusten kasvun tärkeimmät syyt ovat lääketieteen ja sen teknologian kehitys. Tulevaisuuden teknologiat ovat usein lopputeknologioita, joilla sairaus voidaan estää tai kokonaan parantaa. Uudet lääkkeet parantavat sairauksia ja auttavat ehkäisemään toisia. Laboratoriotutkimusten ja kuvantamisen kehitys mahdollistavat nopeamman ja tarkemman diagnostiikan. Myös ”kova” lääketiede siirtyy enemmän hoidosta ehkäisyyn, ja terveydenhuollon kustannusten kasvu alkaa hidastua.

Informaatioteknologia muuttaa palvelujärjestelmän rakenteita ja toimintatapoja perusteellisesti. Kansalaisen sairaushistoria, lääkitykset, laboratoriotutkimukset, röntgen- ja muut kuvat ovat hoitohenkilöstön



saatavilla kaikkialla. Potilaalla itsellään on pääsy suurimpaan osaan tietoa. Sähköinen potilastiedosto vähentää työvoiman tarvetta, tehostaa lääkärin työtä ja ehkäisee inhimillisiä virheitä. Kansalaisia varten kehitetään terveysportaali, josta saa luotettavaa tietoa tautien ehkäisystä ja hoidosta sekä opastusta järjestelmän käytöstä ja etuuksien hakemisesta.

Tutkimus tuottaa runsaasti uutta tietoa, joilla on merkittävä vaikutus hyvinvointiin. Syntyy tehokkaita ja taloudellisia keinoja sairauksien ehkäisyyn ja hoitoon. Läpimurtoja tapahtuu biolääketieteessä, kuvantamisessa, aivotutkimuksessa, nanoteknologiassa ja kantatasolututkimuksessa. Genomin selvittäminen johtaa lääketieteellisiin ehkäisy- ja hoitosovelluksiin. Kantatasolut voivat muuttaa hoitoja diabeteksessa, sydämen vajaatoiminnassa ja Parkinsonin taudissa. Tulosten hyödyntämisenopeus riippuu yhteiskunnan asenteista ja säätelystä. Vain kova perustutkimus voi tuottaa tietoa, jolla ratkaistaan tulevaisuuden vaikeita ongelmia.

Osaamisalueet ja niiden tukeminen

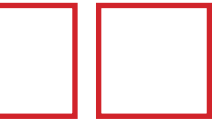
Väestön terveyttä uhkaavat syrjäytyminen, päihdesairaudet, korkeat itsemurhaluvut ja diabeteksen sekä allergioiden lisääntyminen. Iäkkään väestön toimintakyvyn säilyminen on tulevaisuuden tärkeimpiä yhteiskuntapoliittisia tavoitteita. Perhe, koti, lapsuus ja nuoruus vaikuttavat terveyteen läpi koko elämän. Äitiys- ja lastenneuvolat sekä koulu ovat avainasemassa. On tuettava tutkimusta nuorten syrjäytymiskiirteen estämiseksi. Kansalaiset tarvitsevat terveysportaalien, josta saa näyttöön perustuvaa tietoa sairauksista. Alkoholi-, tupakka- ja huumeetutkimusta on tuettava. Terveyden edistäminen on siirtynyt julkiselta sektorilta kansanterveysjärjestöille. Järjestöjen toimintamahdollisuudet on turvattava.

Suomalaisten ravitsemus on muuttunut terveellisemmäksi, mutta myös kielteisiä muutoksia on tapah-

tunut. Lihavuus yleistyy ja siihen liittyvät sairaudet lisääntyvät koko väestössä. Painonhallinta on yksi väestön terveyden tärkeimmistä tavoitteista. Ruokailu yksilöllistyy ja terveystietoisuus kasvaa, mutta elintarvikkeet ovat prosessoituja ja teollisesti valmistettuja. Suomella on huippuluokan osaamista, joka liittyy funktionaalisiin elintarvikkeisiin sekä mikrobien ja entsyymien hyödyntämiseen uudentyypisten erikoistuotteiden kehittämisessä. Sektori on globaalisti kilpailtu ja tutkimusryhmämme liian pieniä. Yhteistyötä yliopistojen, tutkimuslaitosten ja teollisuuden välillä on tiivistettävä.

Liikunta ja ravinto edistävät oikein annosteltuina fyysistä hyvinvointia ja ehkäisevät sairauksia. Syömis- ja liikunnan tasapaino torjuu ylipainon. Liikunta kasvattaa myös stressinhallintakykyä ja hoitaa mielen-terveyttä. Koko väestö tulisi motivoida liikkumaan. Suomessa on liikuntaohjelmia ja hankkeita liikunnan edistämiseksi sekä vahvoja yrityksiä, jotka tarjoavat tuotteita liikunnan aikaisiin mittauksiin ja kunnon seurantaan. Tekniikka kiinnostaa nuoria urheilijoita ja liikunnan aktiiviharrastajia, mutta ei passiivista ja huonokuntoista väestöä. Tarvitaan palvelualueita alentamaan kynnystä liikunnan aloittamiseen ja säännölliseen harrastamiseen. Ne voivat pohjautua vuorovai- kuteisiin tietokoneohjelmiin tai verkkopalveluihin, jolloin jokaisella on käytössään oma virtuaalinen "valmentaja". Liikunnan tekniikkaa tulee räätälöidä myös vanhemman väestön tarpeisiin.

Aivojen ja keskushermoston tutkimus on edistynyt kuvantamisen ja geenitutkimuksen läpimurtojen ansiosta. Aivoista saadaan tarkkoja anatomisia ja toiminnallisia kuvia. Geenitiedon avulla on opittu ymmärtämään mm. skitsofrenian ja kaksisuuntaisen mielialahäiriön syntyä. Uudet tekniikat ovat kliinisessä käytössä aivosairauksien diagnostiikassa, kuntoutuksessa ja hoitotulosten seurannassa. Väestön vanhetessa aivojen rappeutumissairaudet yleistyvät, ja niiden havaitse-



minen ajoissa on tärkeää. Lasten ja kouluikäisten aivoja on tutkittava mm. oppimisvaikeuksien syiden selvittämiseksi. Aivot tarvitsevat riittävästi hyvälaatuista unta. Tarvitaan helppoja mittausmenetelmiä, joilla jokin voi itse kotona mitata yönensä määrän ja laadun. Terveiden aivojen ylikuormittuminen kiihkeässä tietointensiivisessä työssä kaipaa selvittämistä. Kognitiivisten toimintojen kuntoutus edistää toipumista ja siten myös ikääntyvien mahdollisuuksia toimia aktiivisesti ja tuottavasti.

Julkista palvelujärjestelmää ei voida ylläpitää nykytasolla eikä kehittää, ellei tuottavuutta paranneta ja teknologiaa hyödynnetä kunnolla. Lääketieteen ja informaatioteknologian kehitys muuttavat radikaalisti järjestelmää. Muutokset on huomioitava kunta- ja palvelurakennemuutoksessa. Päämääränä on suurempi yksikkökoko, päällekkäisyyksien poistaminen sekä toimivampi yhteistyö ja työnjako. Järjestelmätutkimuksen merkitys kasvaa. Se tarvitsee terveystieteiden, yhteiskuntatieteiden, käyttäytymistieteen ja taloustieteiden menetelmiä. Palvelujärjestelmää voidaan käyttää yhteistyössä teollisuuden kanssa uusien innovaatioiden vaikuttavuuden ja taloudellisuuden testaamisessa. Yliopistojen on lisättävä terveystaloustieteen ja vaikuttavuustutkimuksen koulutusta.

Koti- ja etähoito yleistyvät väestön ikääntymisen ja uuden teknologian vauhdittamina. Tarve on suurin Itä- ja Pohjois-Suomessa. Etäpalveluita tarvitaan myös erikoissairaanhoidossa, jossa vaativat hoidot keskittyvät harvempiin pisteisiin. Koti- ja etähoitoon liittyy lääketieteellisiä, teknologisia, taloudellisia ja inhimillisiä haasteita. Uusien ratkaisujen tulee sisältää ansaintamalleja, jotka kannustavat kehittämään ja tuotteistamaan palveluita uusien konseptien ja teknologioiden

pohjalta. Tekniikkaa voidaan kiinnittää ihmisen lisäksi asunnon rakenteisiin. Etähoidon läpäisyä edistää tietotekniikan käyttöön vihkiytyneen sukupolven edustajien tulo ikään, jossa heistä tulee potentiaalisia asiakkaita.

Sosiaali- ja terveyspolitiikan on perustuttava tarkoihin tietoihin väestön terveydestä, jotta tavoitteiden toteutumista voidaan seurata. Sosiaali- ja terveysministeriön tietohuollon kehittämishanke tulee nopeasti saattaa loppuun. Hyvin toimiva tietohallinto edellyttää koko maan kattavaa tietoturvallista järjestelmäarkkitehtuuria ja dokumenttien sähköisestä säilytyksestä vastaavaa arkistopalvelua. Arkkitehtuuri mahdollistaa sekä julkisten että yksityisten palvelutuottajien tasaveroisen kohtelun. Missään maassa ei ole toistaiseksi käytössä toimivaa kansallista sähköistä potilaskertomusjärjestelmää. Siten tietojärjestelmiin liittyvillä ratkaisuilla on arvoa myös vientituotteina. Kehittämistyö edellyttää voimakasta panostusta ja kiinteätä yhteistyötä julkisen sektorin toimijoiden, asiantuntijoiden ja yritysten kesken.

Lääkehoidolla voidaan vähentää sairaalakustannuksia ja parantaa potilaiden elämänlaatua. Suomessa on korkeatasoista biolääketieteellistä tutkimusta, mutta lääketieteellisuuden kansantaloudellinen merkitys on pienempi kuin vastaavissa maissa. Hoitojärjestelmä ja potilaitten tutkimusmyönteisyys ovat tehneet Suomesta suosituksen kliinisten lääketutkimusten suorituspaikan. Yritysten tutkimuspanokset ovat kansainvälisellä tasolla, ja myös pieniä innovatiivisia yrityksiä on syntynyt. Lääkkeiden tuotannolla on merkittävä työllistävä vaikutus, mutta toiminnan pysymiseen maassamme liittyy uhkakuvia. Lääketieteellisuuden tarpeet on huomioitava yliopistojen koulutusohjelmissa.



Biolääketieteellisen tutkimuksen vaikutukset yltyvät perustutkimuksesta hoiva-alan osa-alueille. Genomiikan ja proteomiikan tieto avaa mahdollisuuksia yleisten ja harvinaisten sairauksien ehkäisyyn, diagnostiikkaan ja hoitoon. Sovelluksia on erityisesti syövän diagnostiikassa ja hoidossa. Alan tutkimukseen ja sen translaatioon liittyvät tieteenalat ja teknologiat ovat Suomessa vahvoja, mutta hajallaan. Kilpailuetumme perustuvat julkiseen terveydenhuoltoon, tutkimusmyönteiseen ilmapiiriin, hyvin tutkittuihin ja kuvattuihin väestö- ja potilasaineistoihin sekä vahvaan kliinisen tutkimuksen ja perustutkimuksen perinteeseen. Suomen tulee panostaa molekyylilääketieteeseen sekä nanotieteeseen ja -teknologiaan ja niiden hyödyntämiseen siten, että maahan muodostetaan kansallinen osaamiskeskittymä. Sen toimintaan osallistuvat kaikki avaintieteenalat ja alan yritykset. Suomi tarjoaa hyvät olosuhteet myös kantasolututkimukselle, joka voi jo lähitulevaisuudessa muuttaa hoitokäytäntöjä monissa tautiryhmissä.

Terveys- ja hyvinvointiteknologiassa tarvitaan matemaattis-luonnontieteellisen alan ja tekniikan osaajia, joilla on vahva yleissivistys biotieteissä. Koulutus on hajaantunut useisiin yliopistoihin ja laitoksiin, eikä poikkitieteellisiä tiedekuntia ole muodostunut. Liiketoiminnan ja markkinoinnin sekä käytettävyyden ja muotoilun osaajista on puutetta. Lääkäreiden ja hoitohenkilökunnan koulutuksessa tulisi kiinnittää huomiota tekniikkaan ja innovaatiotoimintaan. Alalle syntyy uusia ammattiryhmiä kliinisen, teknisen ja tietoteknisen osaamiseen välimaastoon. Terveystieteiden teknologia ja lääketieteellisyys sekä bio-, nano- ja laskennallisiin tieteeniin painottuvat uudet alueet ovat globaaleja. Alalla on maailman suurimpiin kuuluvia yrityksiä, jotka ostavat kasvuyrityksiä eri puolilta maailmaa Suomi mukaan lukien. Yritykset kouluttavat työntekijöitään paljon myös itse.



4. Ympäristö ja energia

Puheenjohtajat

Allan Johansson, VTT ja Lundin Yliopisto
(International Institute for Industrial
Environmental Economics) vieraileva professori
Harri Turpeinen, Neste Oil Oyj,
Kehittäminen ja Laboratoriot

Panelistit

Pertti Haaparanta, Helsingin kauppakorkeakoulu
Janne Hukkinen, Teknillinen korkeakoulu
Lea Kauppi, Suomen ympäristökeskus
Seppo Kellomäki, Joensuun yliopisto
Peter Lund, Teknillinen korkeakoulu
Petra Lundström, Fortum
Jari Luukkonen, WWF
Kari Saviharju, Andritz
Ilkka Savolainen, VTT
Petri Vasara, Pöyry Forest Industry Consulting Oy

Johdanto

Ympäristön suojelussa panostaminen kestäväan kehitykseen tähtäävään osaamiseen on pitkällä tähtäimellä varma vaihtoehto, mutta keinot eivät ole yksiselitteisiä eivätkä useinkaan lyhyellä tähtäimellä taloudellisia. Ympäristö ja energia -raportissa on Suomen kannalta tärkeiden osaamisalueiden tunnistamisessa pyritty kriittisesti tarkastelemaan, mihin erilaisista globaalista muuttujista voimme todella vaikuttaa – vieläpä tarkastelujakson suhteellisen lyhyessä ajassa.

Vaikkakin energian tuotanto ja käyttö ovat ympäristönäkökulmasta merkittäviä vaikuttajia sekä paikallisesti että globaalisti, ympäristökysymykset käsittävät myös monta muuta ulottuvuutta.

Todennäköisimmiksi ja merkittävimiksi arvioidut energia- ja ympäristöaiheiset muutostekijät:

- Väestön ja talouden kasvu / Kiina ja Intia
- Kasvihuonekaasujen päästöjen hillintä
- Ehtyvien luonnonvarojen hintojen nousu
- Energian tuotantojärjestelmän muutos
- Energian käytön tehostaminen
- Uuden energiateknologian kysyntä
- Jalostusarvo ja energiankulutus erilleen
- Nanobiosektorin nousu energiasektorin uudistajaksi
- Mikro- ja nanokemikalisaatio

Näistä muutostekijöistä esille nousee kysymyksiä, kuten: Onko meillä sopivaa teollisuuspohjaa uuden tekniikan hyödyntämiselle? Onko meillä riittävä osaamis pohja vaadituille tutkimus- ja kehitysponnisteluille? Ovatko odotetut markkinat suhteessa vaadittuihin ponnisteluihin, ja mikä voisi olla realistinen osuutemme?

Samalla on muistettava, että koska nykyään teollisten, perustutkimusta lähellä olevien tulosten kaupallistaminen tapahtuu yhä nopeammin, laajapohjaista perusosaamista (perustutkimusta) täytyy ylläpitää.

Muutostekijät / ympäristö

Gloaalien ympäristöongelmien hallinta

Globalisoituva tuotanto yhdessä maailmankaupan vapautumisen kanssa muuttaa oleellisesti ympäristöasioiden hallinnan reunaehtoja. Tähän asti suuntaus Euroopassa on ollut lisääntyvään ympäristösääntelyyn ja julkisen sektorin roolin vahvistumiseen ympäristöasioissa. Globalisaation myötä kansallisvaltioiden ja myös Euroopan unionin suhteellinen merkitys vähenee ja monikansallisten yritysten rooli kasvaa. Ympäristön kannalta ratkaisevaa on, kuinka ympäristö- ja yhteiskuntavastuullisesti nämä yritykset toimivat.

Ympäristöhallinnan keskeisiä haasteita modernissa maailmassa ovat toisiinsa vahvasti kytkeytyneiden globaali- ja paikallistason ympäristökysymysten samanaikainen hallinta. Kuten esimerkiksi Ylä-Lapin metsäkiistat osoittavat, paikallistason pienryhmien ympäristökiistoilla voi olla suuri merkitys kansainväliseen kaupankäyntiin – tässä tapauksessa kansainvälisen puunjalostusteollisuuden liiketoiminnalle.

Gloaali markkinatalous ja tiedonvälitys luovat tulevaisuudessa yhä uusia potentiaalisia kitkapintoja paikallistason odotusten ja globaalien toimintaperiaatteiden välille. Näennäisesti merkityksettömillä asioilla saattaa olla odottamattomia ja laajamittaisia vaikutuksia.

Erityisesti ympäristökysymykset kärsivät nykypäivän pirstaloituneesta mediakäytännöstä, jossa on hyvin vaikea saada esitetyksi monimutkaisia syy-yhteyksiä tai toimintavaihtoehtoja. Monella ympäristöpoliittisella alalla perustutkimuksellinen tiedon puute ekosysteemin toiminnasta on vakava este järkevien toimenpideohjelmien laatimiselle.

Kestävän kehityksen politiikkainnovaatioiden tarve on selvä. Haasteet ja mahdollisuudet kohdistuvat ympäristötieteisiin kahdella tavalla. Toisaalta niiden pitäisi pystyä artikuloiamaan ekosysteemien mahdolliset tule-



vaisuuden vaihtoehdot. Toisaalta niiden olisi taas kehitettävä uudentyypisiä osallistumiseen perustuvia päätöksentekomenetelmiä, joissa esiin tuoduista vaihtoehdoista voidaan perustellulla tavalla tehdä valintoja.

Ympäristökriisien kartoitusta ja ennakkointia on kehitettävä, samoin luotettavan ympäristöhallinnan menetelmiä. Lyhyen tähtäimen taloudellisen tehokkuuden tavoittelu johtaa yhteiskunnallisen riskinoton kasvuun infrastruktuurien ”ylikuormituksen” kautta (terveydenhuolto, energiaturvallisuus, logistiikka).

Urbanisoituminen synnyttää yhä lisää alueita, joihin kohdistuu kahdentyyppisiä paineita samanaikaisesti. Alueen edellytetään tuottavan luotettavia teknisiä palveluja (vesihuoltoa, liikennepalveluja, jätehuoltoa) vuorokauden ympäri ja samalla tarjoavan korkealuokkaisia ekosysteemipalveluja (esimerkiksi virkistys, luonnontilainen ekosysteemi). Tilanne edellyttää teknisen ja ekologisen osaamisen integrointia päivittäisessä palvelutarjonnassa. Tietyissä mielessä ympäristöstä on tulossa ylellisyshyödyke.

Uhkana on, että ympäristökriisit johtavat neuvotomuuhteeseen. Paikallistason ympäristön ja teknisen hallinnan integroinnin haaste on ilmeinen, samoin tutkimuksellinen ja koulutuksellinen haaste, jossa tulevat asiantuntijat herkitetään integroituun hallintaan. Mahdollisuus on kouluttaa uudentyypisiä integroidun ympäristöhallinnan osaajia.

Ekosysteemit tasapainoon

Ihmisen toiminta on ajanut ekosysteemit kiihtyvään muutokseen. Ekosysteemien tutkimus on osoittanut, että niillä on tyypillisesti useita mahdollisia paikallisia tasapainotiloja. Havainnolla on merkitystä kestävä kehityksen politiikkavalinnoille, jotka nykyään virheellisesti perustuvat oletukseen yhdestä ekologisesti optimaalisesta tilasta. Esimerkkejä ovat Itämeren tila ja Suomen metsien tila.

Itämeri on historiallisen ravinnekuormituksen seurauksena siirtymässä ekologisesti uudenaiseen tilaan. Tähän tilaan sopeutuminen ja sen hallinta saattavat edellyttää aivan muita toimenpiteitä kuin mitä tällä hetkellä korostetaan. Samoin Suomen metsänhoidon kestävydestä on esitetty erilaisia näkemyksiä: puunjalostusteollisuuden tarpeet täyttävä viljelty hiilinielu vai kevyesti hallittu ekosysteemipalvelujen tuottaja?

Ympäristökriisit tulevat lisääntymään. Toisaalta näköpiirissä on kriiseille altistavia globaaleja ympäristömuutoksia, kuten ilmastonmuutos ja biodiversiteetin väheneminen. Toisaalta hyvinvointivaltion sietokyky vahinkoja kohtaan on pienentynyt, jolloin kriisejä on suhteellisesti enemmän. Muutos tulee näkymään muun muassa vakuutustoiminnassa. Suomessa tulevia ympäristökriisejä lienevät tulvat, myrskyt ja ydin-katastrofit lähialueilla. Luotettava ympäristöhallinta voi edesauttaa asiaan sopeutumista.

Ilmakehän muutokset

Luonnon prosesseista syntyvien hiukkasten lisäksi ihmisyhteisöjen toiminnasta syntyy useilla eri tavoilla epäorgaanisia ja orgaanisia hiukkasia, jotka ilmakehässä aiheuttavat esteen auringonvalon etenemiselle. Tämän seurauksena maapallon lämpötila laskee, pilvien esiintyvyys ja sadanta lisääntyvät, kasvien yhteyttämisprosessit hidastuvat ja muodostuu riski muidenkin säätekijöiden yllättäville vaihteluille. Tämä ilmiö on vastakkainen kasvihuonekaasujen vaikutukselle ilmakehässä, ja osaltaan voidaan ajatella sen tasapainottavan ilmaston lämpenemistä. Hiukkaspäästöjen kasvua estetään käyttämällä hiukkasten syntyprosesseissa parhaita käytössä olevia tekniikkoja ja parantamalla niitä.

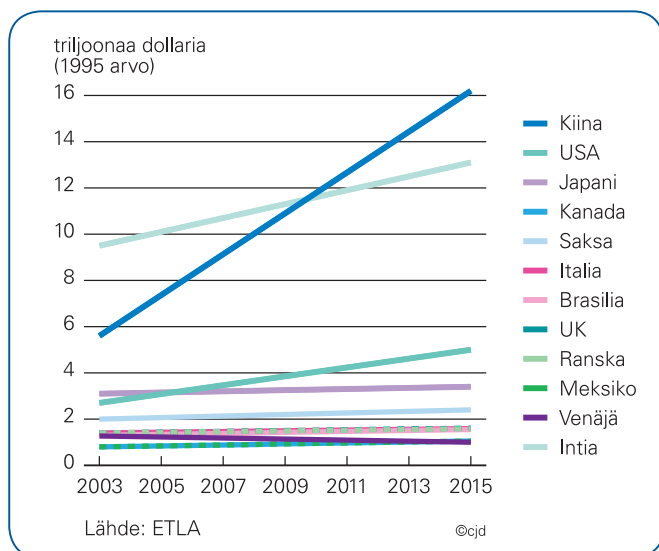
Pohjoisella pallonpuoliskolla jäätiköiden sulamisen vaikutukset näkyvät pohjoisen eläin- ja kasvilajiston heikentyneinä elinmahdollisuuksina. Riskit kasvavat esimerkiksi laivaliikenteen lisääntymisen seurauksena

Jäämeren reitillä Atlantin ja Tyynenmeren välillä. Kalastus siirtyy yhä pohjoisemmaksi, kuten myös uusiutumattomien luonnonvarojen hyödyntäminen (kaasu, öljy, mineraalit). Uhat ja riskit liittyvät äärimmäisen herkkään ympäristöön, joka ei juuri kestä ulkopuolisia paineita.

Raaka-ainevarantojen pullonkaulat

Maailman väestö kasvaa, globalisoituminen ja poliittinen vakaus kiihdyttävät talouden kasvua erityisesti Aasiassa. Samalla monet perinteiset, uusiutumattomat raaka-aineet, kuten uraani, öljy ja kaasu, kallistuvat varojen huetessa.

Kiinan talous on rajussa kasvussa, ja maa imee joka alueen resursseja tahdilla, joka ei voi jatkua. Energiapula on jo nyt armoston. Seuraavien kolmenkymmenen vuoden kuluessa maapallon energiatuotannosta syntyvän fossiilisen hiilidioksidituotannon arvioidaan



Kuva 1. Bruttokansantuotteen toteutunut ja ennustettu kehitys maailmassa 1990-2030.

Lähde: European Commission WETO 2003

kasvavan noin seitsemänkymmentä prosenttia – tästä kaksi kolmannesta Kiinassa ja Intiassa pääosin kivihiihlen lisääntyvän polton seurauksena. Avoin kysymys on, kuinka ympäristö tämän kestää.

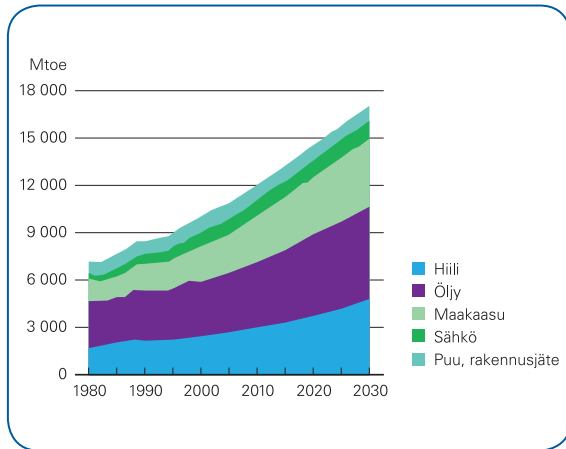
Toisaalta viime aikoina on ollut havaittavissa myös myönteistä kehitystä, esimerkiksi Kiinan Renewable Energy Act -laki, joka pyrkii kymmenen prosentin energiatuotannon korvaamiseen uusiutuville energiamuodoilla kahdessakymmenessä vuodessa.

Väestönkasvu ja ilmastonmuutos kärjistävät vesiongelmiä vielä nykyisestään vastoin asetettuja YK:n vuosituhattavoitteita – joiden mukaan muun muassa ilman puhdasta juomavettä olevien ihmisten osuuden pitäisi 2015 mennessä puolintua nykyisestä. Yhä suurempi osa maapallon väestöstä on ilman kunnollista juomavettä ja sanitaatiota. Terveystieteelliset seuraukset ovat mittavia. Pakolaisuusongelma pahenee.

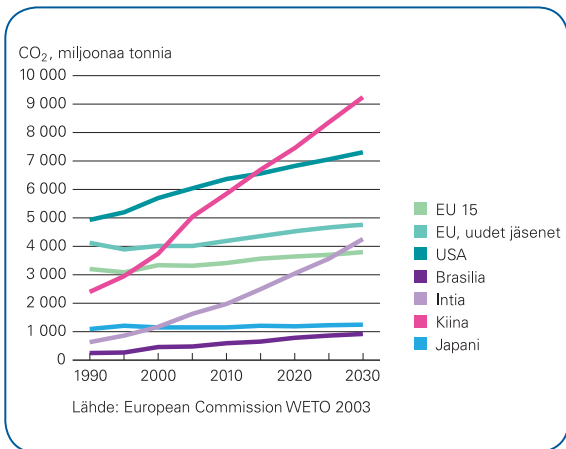
Öljyn geologia ja geopolitiikka vaikeutuvat. Hinta ja riittävyys koetaan ongelmiksi. Öljyn hinnan turbulenssi lisääntyy ja aiheuttaa ongelmia. Fossiilisten primaarienergiaraaka-aineiden suuri hintakilpailukyky on kääntymässä alenevalle kehitysuralle. Raakaöljyn kilpailukyky on pitkään verotuksella heikennetty sekä tuotantoketjun alku- että loppupäässä.

Nyt näyttää olevan meneillään kehitys, jossa erityisesti öljyreservien ja tuotannon hintataso on nousemassa ja halvat ja helpot esiintymät korvautuvat vaikeammin hyödynnettävillä esiintymillä. Samanaikaisesti energian kysyntä, joka johtuu erityisesti suurten kehittyvien talouksien lisääntyvästä tarpeesta, lisää painetta hintojen nousuun.

Vuonna 2015 voidaan nähdä energiavaltaiten toimialojen kustannuspainetta. Runsaiden raaka-ainealueiden ja -talouksien osuudet lisääntyvät arvoketuissa, energiatuotteiden käytön verotuksen mahdollisuudet kaventuvat



Kuva 2. Maailman energiankulutuksen kehitys 1980–2030. Lähde: European Commission WETO 2003



Kuva 3. Energiatuotantoon liittyvien hiilidioksidipäästöjen kehitys 1990–2030. Lähde: European Commission WETO 2003

ja energiaraaka-aineista köyhien talouksien kilpailukyky heikkenee.

Kehitystä hidastavat kysynnän kasvua hillitsevät toimet, kuten vaihtoehtojen tekeminen taloudellisesti

kilpailukykyisiksi esimerkiksi verotusta eriyttämällä ja käyttöteknologioiden tehokkuutta parantamalla. Esimerkkeinä voidaan mainita liikenteessä tieinfrastruktuurin suorituskyky ja kunto, ajoneuvojen oman massan alentaminen ja koneiden hyötysuhteen parantaminen. Taloudellisten kannustimien oikea suunnittelu on olennaisen tärkeää.

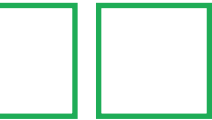
Uusiutuvien energiaraaka-aineiden hyödyntämisen teknis-taloudelliset mahdollisuudet paranevat. Uhkana ja hallittavana tekijänä on uusiutuvan primaarienergiaraaka-aineen tarjonnan riittävyys. Myös biomassan kasvu ja energiatuotteiden tarve ovat maantieteellisesti ristikkäisiä.

Energiasektori voi kehittyä kolmella tavalla: romahdus ja pimeä kausi, romahdus ja kurssin muutos, tai panostus uusiin teknologioihin. Kansainvälisen talouden, politiikan ja elinympäristön vuorovaikutus ohjaa kehitystä. Energiasektoria pitää tottua tarkastelemaan myös selvästi globaalimmin kuin tällä hetkellä. On hienoa, jos Suomi pääsee kasvihuonekaasujen rajoitustavoitteisiinsa, mutta koska Kiina talouden kasvaessa rakentaa pääasiassa hiilivoimaa, Suomen ponnistuksilla ei ole merkitystä.

Kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittaminen alkaa jossain muodossa mullistaa maailman energiajärjestelmää. Järjestelmän muutos on kuitenkin hidasta, sillä voimalaitosten pitoajat ovat 20–50 vuoden luokkaa. Kulutuspuolella muutos voi olla nopeampaa.

Kauppaa käydään jo Euroopassa CO₂-päästöoikeuksista, ja sen seuraukset ovat esimerkiksi energiayhtiöille merkittäviä. Siinä vaiheessa, kun todellakin pyritään vähentämään päästöjä, vaikutusta on myös energiatuotantoteknologioiden kehittämiseen ja käyttöön.

Valtaosaltaan vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttö liikenteen energiana ei ole perusteltua ympäristövaikutusten tai taloudellisten resurssien käytön kannalta, vaan samojen rajallisten primäärienergiavarojen käyttö olisi ympäristö- ja pääomatehokkaampaa esi-



merkiksi suoraan lämmöntuotannossa. Siksi tarvitaan muitakin varteenotettavia perusteita, joita ovat esimerkiksi huoltovarmuus- ja maatalouspoliittiset näkökohdat.

Teolliset tuotteet sisältävät yhä uusia kemiallisia yhdisteitä, joilla on sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia ihmisten hyvinvointiin. Samalla kuitenkin on esitetty vakavia huolenaiheita yhdisteiden mahdollista uudentyyppisistä haittavaikutuksista nanomittakaavaan mentäessä, koska nanotason yhdisteet läpäisevät ihmisen keskeiset fysiologiset turvaportit (kuten keuhkot-verenkierto ja verenkierto-aivot). Analytiikan kehittyminen on myös parantanut näiden aineiden havainnointia ihmisessä.

Muutos on tyypillinen kaksiteräinen miekka. Ilmiötä olisi pyrittävä ymmärtämään paremmin. Asia koskee lähinnä ekotoksikologista, ympäristöanalyttistä ja nanoteknologian ympäristö- ja terveysvaikutusten tutkimusta.

Kiinasta on tulossa globaali valmistusalue, joka kykenee kaupallistamaan tehokkaasti uutta pienimuotoista teknologiaa. Tehokkailla valmistusalueilla voidaan tehdä uusia teknologia-äpimurtoja, vaikka ratkaisut sinänsä ovat tunnettuja. Esimerkkeinä, joilla on merkittävä potentiaali globaalissa energiataloudessa, voidaan mainita matalaenergiavalaisimien tehokas massatuotanto, tehokkaiden pienten lämpöpumppujen massatuotanto tai kiinteäoksidipolttojen sarjatuotanto maailmanmarkkinoille.

Mullistavien muutosten ei välttämättä tarvitse edellyttää sinänsä teknillis-tieteellistä läpimurtoa. Tuotantotekniset innovaatiot sekä open source -tyyppiset innovatiiviset sovellutusoivallukset saattavat olla ratkaisevassa asemassa. Sinänsä suurten ja nopeasti kasvavien uusien teollisuusmaiden liittyminen ja sopeutuminen maailmantalouteen eivät ole historiassa uusi asia (vrt. Japanin teollistuminen), mutta Kiinan valtava koko saattaa tuoda uusia piirteitä taloudelli-

seen vuorovaikutukseen. Uutta on myös välituotteiden kaupan kasvu sekä tiedon nopea kulku, mikä saattaa muuttaa kehityspolkuja nopeastikin.

Nopeasti kasvavien uusien teollisuusmaiden myötä tiedon suojaaminen on tullut vaikeammaksi. On mahdollista, että koko maailmanlaajuinen henkisen omaisuuden suojaamisjärjestelmä on rapistumassa. Open source -innovaatiot tarjoavat uuden strategian tiedon hyödyntämiselle, jossa sovellutus so. kaupalliset innovaatiot ovat avainasemassa. Tämä kehitys asettaa myös uusia haasteita teknologian kehittäjille.

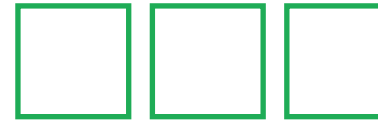
Kvartaalitaloudessa elävien yritysten kiinnostus pitkäjänteisen tutkimukseen on pieni, mutta yritysten rooli tutkimusrahoituksen suuntaamisessa suuri. Tästä saattaa seurata tilanne, jossa perustutkimuksen rooli teollisuusmaissa "yleisen tiedon generaattorina" heikentyy ja innovaatiolähde tyrehtyy. Tiedon painopiste siirtyy Aasiaan.

Osaamisalueet / ympäristö

Globaalimuutos liittyy moniin tieteenaloihin. Kansainvälisen käytännön mukaisesti termillä viitataan kaikkiin niihin muutospaineisiin (ympäristö, yhteiskunta ja sen osana talous), joilla on kansallisarajat ylittävä vaikutus. Suomessakin tämä otettiin huomioon Suomen Akatemian SILMU- ja FIGARE -tutkimusohjelmissa, joiden avulla Suomeen luotiin huomattava tietopohja.

Integroitua ympäristöhallintaa olisi kehitettävä tietoisesti eteenpäin siten, että synnytetään myös kansainvälisesti kiinnostavia uusia tuotekonsepteja, joilla on vientipotentiaalia. Tällaisille järjestelmille on jo löytynyt kysyntää kansainvälisesti (esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen SYKE:n kansainväliset asiantuntijapalvelut), mutta aluetta voisi viedä eteenpäin fokuksituna tuotekehityshankkeena.

Integroidun ympäristöhallinnan innovaatioita on systemaattisesti haettava ja yksilöitävä muillakin kuin



metsä- ja puunjalostussektorilla. Niiden toiminnalliset reunaehdot on yksilöitävä. Järjestelmien soveltuvuutta muihin kuin Suomen oloihin on kehitettävä analyytisesti ja empiirisiin kokeiluihin.

Tulevaisuuden haasteena on luotettava ja sopeutumiskykyinen ympäristönhallinta. Monimutkaistuvat teknologian, yhteiskunnan ja ekosysteemien vuorovaihtusjärjestelmät lisäävät näiden järjestelmien onnettomuusalttiutta. Esimerkiksi keskitetyt sähköjakelujärjestelmät ovat alttiita ilmastosta, markkinoista ja teknologian ylikuormittumisesta johtuville häiriöille. Samaan aikaan kuin teknologian, yhteiskunnan ja ekosysteemien järjestelmät monimutkaistuvat, niihin kohdistuu yhä suurempia luotettavuusvaatimuksia. Luotettavan teknisen palvelun lisäksi järjestelmien edellytetään turvaavan ympäristö laadukkaasti.

Kehittyvän ympäristönhallinnan kannalta on tärkeää edistää tieteiden ja osaamisalueiden rajat ylittäviä innovaatioita, jotka parantavat edellä mainittujen järjestelmien häiriönsietokykyä ja luotettavuutta. Koska osaamisalueiden integroimisen haaste on suuri, olisi järjestettävä esimerkiksi alueellisesti tai funktionaalisesti rajattuja kokeiluja, joissa innovaatiot voivat nousta esiin ja joissa niitä voidaan testata.

Keskustelu uusiutumattomien raaka-aineiden niukuudesta rajoittuu liian usein fossiilisten polttoainevärojen riittämättömyyteen. Puhtaan juomaveden turvaaminen ei enää ole pelkästään kehitysmaiden ongelma, sillä myös useassa teollisuusmaassa vesireservit ovat vähenemässä tai saastuneet. Osaamisalue on laaja, ja Suomessa on hyvää osaamista monella sen osa-alueella. Osaamisen keräämisellä suuremmiksi kokonaisuuksiksi – aina ekologisesta perustutkimuksesta tekniseen tuotekehitykseen – on hyvät edellytykset.

Suomessa on myös pitkät perinteet kaukokortitusosaamisella, esimerkkinä mainittakoon kansainvälisesti korkealuokkaiset metsäinventaariorimallit. Myös

tämän osaamisen liittäminen suuremmiksi kokonaisuuksiksi avaisi tärkeän tien kohti järjestelmällistä ja tieteellisesti tervettä ympäristö- ja resurssinhallintoa, jotka täyttäisivät kestävä kehityksen kriteerit. Niistä on maailmalla huutava pula.

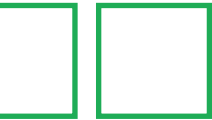
Kompleksisten ympäristökysymysten ymmärtäminen ja hallinta edellyttävät erilaisten tiedollisten näkökulmien ottamista mukaan suunnitteluun. Pelkkä tutkimustieto ei riitä, vaan tarvitaan myös teknologian käyttäjien ja paikallisten asukkaiden osaamista.

Kokemus on osoittanut, että monet uudet teknologiat ja sosiaaliset innovaatiot syntyvät läheisessä vuorovaikutuksessa käyttäjien kanssa. Esimerkkejä tästä ovat ohjelmistokehitys, lelujen kehitys tai vanhusten palvelujen kehitys. Innovaatiot on ymmärrettävä prosesseina, jotka integroivat sekä tieteellistä ja ammatillista että käyttäjien asiantuntemusta. Markkinatalouden tarjoamat tuotteet ja palvelut eivät aina täsmääkään kuluttajien tarpeiden kanssa, joten innovaatioketjun laajentaminen käyttäjiin ja kuluttajiin laajentaa myös innovaatioiden asiantuntijapohjaa.

Sosiaaliset innovaatiot ovat käyttäytymistieteiden ja tuotekehityksen rajamaastossa. Voidaan kysyä, mitkä uudet, usein kehittyvän teknologian mahdollistamat sosiaaliset käyttäytymistavat palvelevat energia- ja ympäristöalueella yhtä aikaa kestävä kehitystä ja suomalaista tuotekehitystä. Ala on rajoiltaan hyvin epämääräinen, mutta kehitty open source -tyyliin yhteisöissä; tiede seuraa perässä.

Jos haluamme tuottaa palveluja ja teknologiaa, joka mahdollistaa palvelut, sosiaaliset innovaatiot ovat olennainen osa osaamispalettia. Sosiaalisten innovaatioiden leviämistä on vaikea ennustaa: tekstiviestitys ja sen ympärille muodostuneet tavat ja kulttuuri on yksi esimerkki. Vain mielikuvitus ja yhteisöjen halu omaksua uusia käyttäytymistapoja ovat rajana.

Osaamisalueen kehittäminen edellyttää avointa ja ennakkoluulotonta asennetta, kytkeytymistä kehittä-



jäyhteisöihin, näiden yhteisöjen seuraamista – ja tieteenalan muovaamista asian ympärille.

Yhteiskunnallista riskitutkimusta olisi kehitettävä. Samoin bio- ja nanoteknologioiden yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä kestävä kehityksen osina pitäisi perusteellisemmin selvittää. Suomalaisen yhteiskunnan olisi laajennettava uusiin teknologioihin liittyvien riskien yhteiskunnallisen hallinnan keinovalikoimaa. Pelkkä tieteelliseen asiantuntijuuteen perustuva toimikuntatyö ei edusta modernia hallintotapaa, vaan tarvitaan tiedostavan ja asioihin perehtyneen suuren yleisön sisällyttämistä mukaan riskejä koskevaan päätöksentekoon.

Uusiin teknologioihin liittyvät riskimielikuvat tulevat olemaan teknologioiden toteutumisen tai toteutumatta jäämisen keskeisiä ajureita. On sekä julkisen vallan että yrityssektorin etujen mukaista ymmärtää näitä riskikäsitteitä ja neuvotella niistä.

Sovellusmahdollisuuksia tarjoavat uudentyypiset yhteiskunnallisen neuvottelun ja päätöksenteon foorumit, joissa riskejä käsitellään. Uudet päätöksentekoprosessit saattavat olla tarpeen.

Käyttäjien ja kuluttajien asiantuntemuksen integroiminen innovaatioketjuun edellyttää kuluttajatutkimuksen lisäksi ainakin sosiologisen, antropologisen, psykologisen ja filosofisen tutkimuksen mobilisointia innovaatiohankkeisiin.

Taloustieteissä on viimeisen 15–20 vuoden aikana kehitetty teoriaa optimaalisista taloudellisen säätelyn muodoista. Ne ottavat huomioon sen, että säätelijän tieto yksittäisten yritysten tilasta on huono ja tiedon kerääminen kallista. Näitä teorioita on kehitetty myös ympäristö- ja energiapolitiittisten ratkaisujen pohjaksi, mutta niitä ei vielä ole sovellettu kuin harvoissa tapauksissa. Suomi on tässä suhteessa vielä jälkijonassa. Suomessa on jo nyt melko paljon osaamista, mutta alan tutkimus menee eteenpäin nopeasti.

On tärkeää, että energia- ja ympäristöpoliittiset tavoitteet saavutetaan mahdollisimman pienin kustannuksin. Tärkeää on myös tarkastella ympäristö- ja muita politiikka-alueita yhteydessä perinteiseen kilpailupolitiikkaan. Energiapolitiikka esimerkiksi voi vaikuttaa huomattavasti energian tuotannon kilpailuasetelmaan. Tietoa tarvitsevat kansalaiset, päättäjät ja yritykset.

Kustannustehokkaan politiikan toteuttaminen edellyttää uusien käytäntöjen kehittämistä. Hyvä esimerkki ovat päästökaupparuokinnat, joiden muotoja kehitetään jatkuvasti. Suomessa hyvän säätelyn käytön otto edellyttää säätelykoneiston ja yritysten ajattelumaailmojen täydellistä muutosta. On vaikea arvioida, kuinka realistisia olisivat sellaiset ratkaisut, jotka säästäisivät yhteiskunnalta miljardeja euroja.

Geoinformatiikka tarjoaa hyvät mahdollisuudet monien ympäristökysymysten käsittelyyn, koska nämä kysymykset ovat yleensä paikkaan sidottuja. Sovellukset edellyttävät paitsi paikkatieto- ja kaukokartoitusosaamista, myös mallinnusta ja useiden muiden alojen asiasisällön osaamista. Näitä ovat maankäytön suunnittelu, ekologia, hydrologia ja lääketiede. Näillä alueilla Suomella on hyvä osaamisperusta, joka luo erinomaisen lähtöaseman.

Paikkatieto-osaamisen hyödyntäjiä löytyy laajasti niin yhdyskuntasuunnittelussa, ympäristönsuojelussa ja -hoidossa kuin metsätaloudessakin. Suomella on hyvät edellytykset kehittyä nykyistäkin merkittävämmäksi tekijäksi myös kansainvälisesti. Suomi voi toimia eräänlaisena koelaboratoriona monien sovellusten kehittämisessä, koska meillä on perinteisesti erittäin hyvät aineistot ja tietojärjestelmät. Sen lisäksi yhteistyö, joka on välttämätön onnistuneiden sovellusten aikaansaamiseksi, toimii jo nyt varsin hyvin. Lisäksi varsinaisten paikkatieto-osaajien yhteisö on tiivis ja antaa näin hyvän pohjan osaamisalueen kehittämiseksi.

Konkreettisia sovelluksia voidaan käyttää esimerkiksi liikennesuunnittelussa, tulvantorjunnassa, ilmas-



tonmuutoksessa tarvittavien sopeutumiskeinojen arvioinnissa, ympäristöseurantojen tehostamisessa, ympäristöönnettomuuksiin varautumisessa sekä niiden haittojen minimoinnissa.

Kestävyystiede (sustainability science), indikaattorijärjestelmät, skenaariot ja integroitu mallintaminen, on kehittyvä alue. Ajatuksena on yhteiskunnallisesti relevanttien sektoreiden ekologisen, taloudellisen ja sosiaalisen kestävyuden seurannan kehittäminen. Indikaattoreiden kehitys sidotaan paine-tila-vaste-järjestelmiin eikä siihen, mistä sattuu olemaan mittaustietoa saatavilla (kuten nykyisin usein käy). PTV-problematiikka edellyttää skenaarioiden, mallinnuksen ja paikallisen asiantuntemuksen mukaanottoa seurantaan.

Hyvä yleisesti hyväksytty indikaattorijärjestelmä on oleellinen instrumentti kestävän kehityksen haasteissa, joihin Suomea sitovat erilaiset kansainväliset ympäristösopimukset. Indikaattoreita tarvitaan myös ympäristön laadun parantamiseen ja yritysten ympäristö- ja yhteiskuntavastuun seurantarpeisiin.

Indikaattorijärjestelmät edellyttävät merkittävää tuotekehitystä. Tieto- ja viestintätekniikka sekä bio- ja nanoteknologiat ovat merkittäviä seurannan teknisessä toteutuksessa. On todennäköistä, että teknistä toteutusta suurempi haaste on ratkaista, mitä asioita halutaan seurata ja miten seurantatieto tulkitaan. Paikallisen asiantuntemuksen mobilisointi seurantaan on haaste.

Uusiutuviin luonnonvaroihin kohdistuu yhä useampia tarpeita, mutta toisaalta esimerkiksi ilmastonmuutos lisää epävarmuutta. Suomessa on jo nyt melko hyvin kehittyneitä tutkimusta ja osaamista vaikkapa metsä-, vesi- ja kalavarojen sopeutuvassa käytössä. Uudet työvälineet, kuten GIS- ja mallintamistekniikat, antavat hyvät edellytykset. Yhdistämällä luonnonvarojen seurannan moderneja tekniikoita ja esimerkiksi osallistavaa

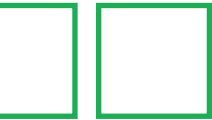
suunnittelua voidaan luoda uusia lähestymistapoja, joilla on laajat soveltamisalat niin meillä kuin muualla.

Vaikka markkinointi ei välttämättä täytä luonnon-tieteisiin kuulumisen kriteerejä, myös sen osaaminen ja kehittäminen on olennainen osa ympäristö- ja energiateknologian menestymistä. Markkinoinnissakin voidaan hyödyntää innovaatioita. Tarvitaan keihäänkärki-hankkeita, jossa suomalainen teknologiaosaaminen yhdistetään parhaaseen globaaliin osaamiseen: meidän on opittava ja sitten luotava omaa erityisosaamista.

Suomalaisen ympäristöosaamisen vahvuusalueita ovat ympäristöhallinnon, regulaation ja -teknologian yhdistävät innovaatiot, esimerkiksi puunjalostusteknologian kanssa käsi kädessä kehittynyt ympäristönsuojeluhallinto ja -sääntely. Samoin metsäsektorin puunhankinta rakentuu kehittyneen teknologian ympärille ja vaikutusvaltaisen hallinnollisen ja regulatiivisen järjestelmän varaan. Vaikka näillä järjestelmillä on heikkouksia, niissä on myös sosiaalisten innovaatioiden aineksia. Jos mielitään uusilla tuotteilla ja osaamisella maailmanmenestykseen, on kaupallistamisprosessi hallittava. Samoin julkisen rahoituksen kohdentumisen tulisi olla tehokasta.

Keskeinen asia olisi kokonaisuuksien hallinta ja eri rahoittajien saumaton yhteistyö – pois reviirijattelusta. Eräillä teknologia-alueilla on lisäksi jo havaittavissa saturaatiota (marginaalihuodyt pienenevät). Panostuksia on siten ohjattava globaalien markkinoiden kannalta relevanteille alueille ja vältettävä marginalisoitumista.

Rahoituksen järjestäminen opiskelijoille on tärkeä tekijä huippuosaamisen kehittämisessä eri tarpeisiin kansainvälisen verkottumisen kautta. Tästä hyötyvät sekä yhteiskunta että elinkeinoelämä. Jos tätä asiaa ei realisoida nopeasti, yhteiskunnassa tulee esille muita rahallisia tarpeita, minkä seurauksena ulkomaille huipupaikkoihin lähtee opiskelemaan vain yhteiskunnan tietyn osan nuorisoa.



Suomen korkeakoulujen opetusjärjestelmään pitää ottaa oleellisena osana opiskelijan opiskelu ulkomaisissa huippuyliopistoissa (esimerkiksi kaksi vuotta per opiskelija). Näin saamme uutta tietoa eri aloilta sovellettavaksi heti. Suomalainen tiede sekä kehitystyö ovat maailman kärkeä perin harvoilla aloilla, eivätkä ne voi nykyjärjestelmässä muuta ollakaan. Opiskelijavaihdon kautta syntyvät samalla kansainvälisen liiketoiminnan tarvitsemat suhteet, ja opiskelijat myös oppivat selviytymään maailmalla.

Ekosysteemien toiminta

Ilmastonmuutokseen varautuminen ja sopeutuminen sekä maa- ja metsätalouden vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen ja vesistöihin ovat aihealueita, joissa vaikutusmekanismeista tarvitaan lisää tietoa. Jotta voitaisiin arvioida aktiivisen sopeutumisen tarve, pitää tuntea riittävällä tarkkuudella ilmastonmuutoksen vaikutukset ympäristöön – niin suorat kuin epäsuoratkin.

Kansainvälinen biodiversiteettisopimus, jonka toteuttamiseen Suomi on sitoutunut, edellyttää elollisen luonnon monimuotoisuuden vähenemisen pysäyttämistä vuoteen 2010 mennessä. Merkittävin tekijä tässä on entistä intensiivisempi maankäyttö. Suomessa erityisesti metsien pirstoutumisen vaikutus biodiversiteetille on suuri. Tarvittaisiin lisää sekä biodiversiteetin suojelun ekologisten perusteiden tutkimusta että erilaisten metsänhoitotapojen vaikutusten tutkimusta.

Varsinkin eri tekijöiden yhteisvaikutukset tunnetaan heikosti. Kuitenkin tiedon tarve on suuri, koska esimerkiksi ilmastonmuutoksen torjuntatoimenpiteiden, kuten metsityksen ja biodiversiteetin suojelun, välille voi syntyä ristiriitaa, mikäli toimenpiteitä ei suunnitella kokonaisvaltaisesti.

Suomessa on kansainvälisesti erittäin korkeatasoista ekologista osaamista erityisesti populaatioekologiassa. Tämän osaamisen säilyttämisestä ja kehittämisestä on huolehdittava. Se edellyttää perus-

tutkimuksen resurssien turvaamista. Samanaikaisesti on panostettava siihen, että osaamista viedään aktiivisesti myös käytäntöön. Suunnatut, eri rahoittajien yhteistutkimusohjelmat ovat osoittautuneet tässä suhteessa hyviksi.

Jatkossa tutkimusohjelmissa pitäisi kiinnittää entistä enemmän huomiota tutkimustulosten hyödyntämiseen kehittämällä jo tutkimusohjelmien aikaista vuoropuhelua tutkijoiden ja muiden toimijoiden välillä.

Ympäristöasioiden hallinta Suomessa ja globaalisti

Varautuminen ja sopeutuminen ilmastonmuutokseen edellyttää yhteiskunnan eri sektoreilta ennen kaikkea nykyistä parempaa kykyä hallita epävarmuutta, ts. kykyä reagoida joustavasti erilaisiin uusiin tilanteisiin. Pitäisi myös entistä paremmin pystyä hahmottamaan ja hallitsemaan oman sektorin riippuvuutta muiden sektoreiden muutoksista ja vastaavasti tunnistamaan omien toimenpiteiden ei-tarkoitukselliset vaikutukset.

Erityisesti biodiversiteetin ja siihen vaikuttavien tekijöiden (maankäyttömuotojen ja maisemarakenteen muutokset, metsien pirstoutuminen) kehityksen seuranta Suomen kaltaisessa, pinta-alaltaan suuressa ja harvaanasutussa maassa, asettaa seurantamenetelmille erityisiä vaatimuksia. Tähän nykyaikaiset kaukokartoitus- ja paikkatietomenetelmät, yhdessä mobiiliteknologian ja hyvin kehittyneiden tietojärjestelmien kanssa, antavat hyvät edellytykset. Suomi on edelläkävijöiden joukossa näiden menetelmien kehittämisessä ja soveltamisessa, ja osaamiskokonaisuudelle on runsaasti kysyntää myös kansainvälisesti.

Myös indikaattorien kehittäminen päätöksenteon tueksi liittyy olennaisesti tähän kokonaisuuteen. Vahvalle geoinformatiikan osaamiselle on kysyntää monilla muillakin sektoreilla, muun muassa ympäristön tilan seurannassa ja kaupunkisuunnittelussa.



Ympäristöasioiden hallinnan mittakaava vaihtelee hyvin usein globaalista paikalliseen samastakin asiasta puhuttaessa. Kansainvälisten yritysten ja markkinamekanismien rooli ympäristöasioiden hallinnassa korostuu perinteisten kansallisvaltioiden ja EU:nkin kustannuksella. Tämä asettaa entistä kovemmat vaatimukset julkisille instituutioille ja infrastruktuureille. Suomalainen ympäristöalan institutionaalinen osaaminen (lainsäädäntö, YVA eli ympäristövaikutusten arviointimenettely, hallinto, ympäristön seuranta- ja tietojärjestelmät, laboratoriot) sekä julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyömuodot ovat kysytyjä ulkomailla. Tätä osaamisaluetta tulee vahvistaa ja linkittää se nykyistä kiinteämmin ympäristötekniiseen osaamiseen.

Urbaanit ympäristöt

Urbanisoituminen globaalina rakennemuutoksena vaikuttaa maaseudun autioitumiseen ja maankäyttöön yleensä. Ilmiö tuo uusia haasteita rakennetun ympäristön kehittämiseen, sekä suunnitteluun (logistiikka) että toteutukseen (hinta, energiankulutus ja viihtyvyys). Ristiriita maan (metsän) talouskäytön ja sen muiden funktioiden välillä (bioenergiälähde, vapaa-ajan palvelu, biodiversiteetti) kasvaa.

Rakennettu ympäristö vastaa noin neljääkymmentä prosenttia OECD-maiden energian käytöstä ja vajaa puolta jätteiden synnystä. Suurten ympäristökysymysten ratkaisemisessa urbaanit ympäristöt ovat avainasemassa. Ympäristökysymysten ratkaisumallit voidaan kohdentaa energia- ja jätehuoltoon, liikennetarkaisuihin, rakentamiseen ja yhdyskuntien suunnitteluun. Nämä alueet ovat vuorovaikutteisia. Kokonaisuuden hahmottaminen ja linkittämiset luovat kilpailuetua. Alueilla on kasvavaa tarvetta kestäväen kehityksen tuoteratkaisuille, joten markkinat ovat kasvavat.

Kiinassa suunnitellaan jo ekokaupunkeja, ja EU:ssa on rakennettu ekokaupunginosia. Suomessa löytyy osa-alueilta runsaastikin aktiviteetteja, mutta koko-

naisuuksien hallitseminen, integroidut ratkaisut ja kokonaisvaltaisuus ovat heikkouksia. Verkostot ovat meillä yleensä yhden asian tai osa-alueen ympärillä. Rakennukset ja kotitaloudet ovat kuitenkin jatkossa merkittävä business-alue globaalisti. Kun normit tiukenevat, kotimaisen vientiteollisuuden pitää vastata haasteeseen. Lisäksi energia- ja ympäristömyönteisyydestä voidaan luoda uutta kilpailu- ja markkinointietua.

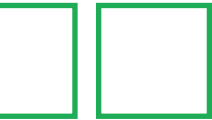
Kehitettäviä osaamisalueita on integroitu yhdyskuntasuunnittelu. Olisi saatava mukaan yritykset ja julkishallinto eri tasoilla toteuttamaan alueellisia kokeilu- ja erikokoisissa kaupungeissa. Osaamisalue sisältää sekä perus- että soveltavaa tutkimusta ja tuotekehitystä, joihin tarvitaan integroitua rahoitusta. Pullonkaulat liittyvät jätteiden vähentämisen, kierrätyksen ja loppusijoituksen välisiin taloudellisiin ristiriitoihin. Tarvitaan järjestelmätason tarkasteluja ja ohjausjärjestelmiä, joilla ristiriitoja pyritään sääntelemään. On pyrittävä aktiivisesti kehittämään innovatiivisia, mittakaavatasot ylittäviä hallinnan ja päätöksenteon menetelmiä.

Vesijärjestelmät ja vesien puhdistusteknologia

Veden puute on ehkä tärkein este kehitysmaiden muulle kehitykselle. Monin paikoin kuivuus rajoittaa merkittävästi ruoantuotantoa. Tärkeimpinä keinoina tavoitteen saavuttamiseksi on nähty integroitu vesivarojen hallinta ja kunnollinen vesihuolto.

Integroidun vesivarojen hallinnan keskeinen periaate on koko vesistöalueen kokonaisvaltainen tarkastelu, jossa sovitetaan yhteen yhteiskunnan eri taloudellisten sektoreiden tarpeet ekologisesti ja sosiaalisesti kestäväen kehityksen asettamissa rajoissa. Alueen asukkaiden aktiivinen osallistuminen on tärkeä osa prosessia.

Vedenhankinnan ja viemäroinnin järjestäminen on keskeinen osa integroitua vesivarojen hallintaa. Se



edellyttää paitsi teknistä ja institutionaalista osaamista, myös paikallisten olosuhteiden ja kulttuurin ymmärtämistä. Suomi on useissa eri yhteyksissä saanut tunnustusta hyvästä kokonaisvaltaisesta vesiasioiden hoidosta. Tälle osaamiselle on kysyntää eri puolilla maailmaa. Toistaiseksi tätä osaamistamme ei ole oikein kunnolla “paketoitu”.

Jotta vesihuolto voitaisiin perustaa kestäväälle pohjalle, pitää rakentaa tietysti tekninen infrastruktuuri (vedenpuhdistuslaitokset, putkistot, viemärit, jätevedenpuhdistamot), mutta myös instituutiot (lainsäädäntö, taloudelliset ohjaukset, hydrologiset ja veden laadun seurantaverkot, laboratoriot, tietojärjestelmät, hallinto, asiantuntijoiden koulutus). Tällaisten kokonaisuuksien kehittämiseksi pitäisi luoda kannustimia eri toimijoiden yhteistyölle.

Muutostekijät / energia

Väestönkasvu lisää energian kysyntää

Kehitysmaiden talouden kasvaessa perustarpeiden tyydyttäminen vaatii yhä enemmän. Tällä hetkellä noin kaksi miljardia ihmistä elää ilman teollista energiaa, ja noin kuusikymmentä prosenttia maapallon väestöstä elää ekosysteemeissä, jotka ovat pahoin vaurioituneet. Odotettavissa oleva kasvu nykyteknologialla on johtamassa ekosysteemien tuhoutumiseen.

Energian hinta nousee, ja kasvihuonekaasujen määrää on vähennettävä. Tuotteisiin tulee tuoteselosteeseen käytetyistä resursseista kuvaus, ja yhtenä tärkeänä tekijänä mainitaan käytetty energia. Verotusta kohdistetaan tulevaisuudessa enemmän kulutukseen, jolloin tuotteen kilpailukyky voidaan lisätä näillä ominaisuuksilla. Kehityksen nopeus riippuu kansallisista päätöksistä, mutta kansainvälinen, ja ensivaiheessa ehkä EU:n sisäinen, päätäntä ovat kehityksen takana.

Vaurastumisen, suurten ikäluokkien eläkkeelle siirtymisen sekä pitkäaikaistyöttömyyden johdosta vapaa-aikaan liittyvä toiminta kasvaa. Tämä avaa uusia markkinoita uusille tuotteille ja saattaa myös oikein suunnattuna merkitä huomattavaa lisäpotentiaalia ainakin paikallisella tasolla yhteisöjä hyödyttävälle toiminnalle.

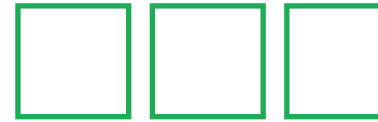
Energiajärjestelmiemme tuottavuuden kehittämisen on sekä energiatuotteiden kysynnän kasvua hidastava tekijä että mahdollisuus lisääntyvään liiketoimintaan. Julkishallinnon nyt tärkeän verotuskohteen merkitys tulolähteenä pienenee. Muidenkin vaihtoehtoisten energialähteiden (kuten ydinvoiman) kilpailukyky paranee. Fossiilisten polttoaineiden kallistuminen on myös erittäin merkittävä uusien energiantuotantoteknologioiden vauhdittaja.

Tulossa intressiristiriitoja

Siirtyminen fossiilisista polttoaineista uusiutuviin muuttaa globaalisti eri toimijoiden rooleja. Muutos auttaa ilmastonmuutoksen torjumisessa, mutta samalla Suomessa paineet kohdistuvat enenevästi omiin uusiutuviin luonnonvaroihimme. Syntyy intressiristiriitoja. Energia- ja materiaalitehokkuutta on pystytävä parantamaan. Myös liikennejärjestelmiin kohdistuu suuria muutospaineita. Energiajärjestelmiin ja koko tuotanto-kulutusketjun energia- ja materiaalitehokkuuteen kohdistuvaa tutkimus- ja innovaatiotoimintaa on tehostettava.

Biopolttoaineiden yleistymisen johtaa nykyisten fossiilisten polttoaineiden käytön kasvun hidastumiseen. Seurauksena fossiilisten poltosta aiheutuvien päästöjen kasvu hidastuu. Tätä muutosta ajavat muun muassa öljyn hinnan nousu, ilmaston lämpeneminen ja teknologian kehitys.

Pyrkimys ympäristövaikutusten rajoittamiseen, erityisesti kasvihuonekaasujen päästöjen hillintään, tulee



lisäämään uuden, puhtaan ja tehokkaan energiateknologian kysyntää. Tämä koskee sekä energian tuotantoa että käyttöä. Muutoksen nopeus riippuu paljon kansainvälisistä sopimuksista ja niiden toimeenpanomenetelmistä kuten päästökaupasta (ja vastaavista hankemekanismeista). Uuden energiateknologian kysynnän lisääntyminen antaa energiateknologian toimittajille mahdollisuuden nopeasti kasvavaan taloudelliseen hyötyyn.

Kehitystyötä varten tulee kuitenkin pystyä valitsemaan oikeat teknologiat. Seurauksena pitäisi olla paradigmanmuutos energian tuotannossa ja siitä seuraava kasvava kysyntä puhtaalle teknologialle.

Ydinenergian etuna kasvihuonekaasuttomuus

Ydinenergiateknologia on laaja teknologinen järjestelmä. Sille on ominaista ympäröivien organisaatioiden, toimintapolitiikoiden ja käytäntöjen suuntautuminen ao. teknologiaa tukeviksi. Toisaalta ydinenergiateknologiasta saattaa tulla Suomen kansainvälinen vahvuusalue, mutta toisaalta ydinenergiateknologia saattaa sulkea pois esimerkiksi uusiutuvien energialähteiden vakavan kehitystyön.

Ydinenergiateknologian etuja ovat lämmöntuotto-prosessin kasvihuonekaasuttomuus. Jos teknologiaa voitaisiin kehittää mittakaavaltaan ja turvallisuusriskiiltään ja kustannuksiltaan nykyistä paremmin hallittavaan ja hyväksyttävään mittakaavaan, ydinsähkö voisi olla nykyistä enemmän primaarienergian lähde esimerkiksi tuotettaessa vetyä liikennepolttoaineiden valmistamisen tarpeisiin. Tällainen teknologia voi 2015 olla korkealämpötilareaktori. Sen tekninen toimivuus on jo testattu, ja talous vedyn tuottamiseksi on oikeassa mittakaavassa verrattuna höyryreformointiin maakaasusta.

Viime kädessä kansainväliset poliittiset kysymykset ratkaissevat ydinvoimalan tulevaisuusnäkymät. Muutos voi syntyä globaalista tarpeesta laajentaa ja täydentää energiaratkaisua (fossiiliset/kasvihuonekaasut, biomassan riittävyys ja esiintyvyys, tuulen ja aaltojen valjastamisen kalleus ja haitat jne.). Kehitystä voivat nopeuttaa yllättävät sää- tai muut nykyenergiaratkaisun syyksi luettavat katastrofit. Ilmiötä hidastavat ydinenergiaan liittyvät pelot, sattuneet (ja sattuvat) onnettomuudet sekä jätejärjestelmäteknologian eettisesti ja teknisesti heikko taso.

Energian tuotantojärjestelmään on ennakoitavissa muutoksia. Ydinvoiman ja maakaasun käyttö lisääntyvät sähkön tuotannossa ja biopolttoaineiden – kuten metsäteollisuuden sivuvirrat – käyttö liikenteen polttoaineissa.

Pidemmällä tähtäimellä muutokset ovat radikaalimpia. Esimerkiksi ikääntyvät Etelä-Suomen kaukolämpö- ja lauhdelaitokset siirtyvät käyttämään kaasua polttoaineenaan, seuraava ydinvoimalaitos on rakenteilla ja tietty osuus liikenteen polttoaineista on tehty metsäteollisuuden (lähinnä sellutehtaiden, mutta muualla maailmassa myös hylyksi menevistä kierrätysjakeista) sivuvirroista ja mahdollisesti maatalouden tuetuista tuotteista. Syynä muutokseen on kasvihuoneilmiön torjuntatarve.

Toimenpiteiden nopeus riippuu siitä, kuinka asia konkretisoituu globaalisti ja löytyykö maailmasta yhteistä tahtoa yleensäkin politiikoissa. Reagointia voidaan nopeuttaa kytkemällä kasvihuoneilmiön torjuntatoimet maailmankaupassa tulleeihin tms. maksuihin.

Tämä kehitys tarjoaa metsäteollisuuden ja biomassan hyödyntämiseen liittyvän teknologian tason ansiosta selkeitä mahdollisuuksia suomalaiselle talouselämälle ja yhteiskunnalle. Kuitenkin selkeä, riittävän voimakas panostus valtiotalolta on tarpeen, sillä pörs-siyhtiöt toimivat oleellisesti lyhyemmällä tähtäimellä.

Metsäteollisuuden globaalistuminen suuri muutos

Metsäteollisuudessa on tapahtumassa globaali rakennemuutos, joka näkyy suomalaisten metsäteollisuusyhtiöiden globalisoitumisena. Muutos vaikuttaa raaka-ainekysyntään ja hintaan (muun muassa koivu), tehtaiden sijaintiin, kokoon ja tuotteisiin. Tuotteissa erikoistutaan entistä enemmän asiakkaiden tarpeisiin, mikä asettaa haasteita teknologioille ja antaa myös mahdollisuuksia. Muutos näkyy tehdasinvestoinneissa, kun osa nykyisin toimivista linjoista ajetaan alas.

Osaavaa työvoimaa käytetään ulkomailla, mutta toimivat tehtaat luovat maakohdaisen oman työvoiman. Suomalaisten tarpeellisuus alkaa jossain vaiheessa hävitä, ellei tarvetta luoda tutkimuksella ja kehitystyöllä. Suomalaiset toimet eivät muuta meneillään olevaa maailmanlaajuista trendiä. Ainoastaan suomalaiseseen panokseen ja saatavaan hyötyyn voidaan vaikuttaa – korkealla teknologialla, jolla vaikkapa parannetaan tuotantolaitosten ominaisuuksia. Kotimaassa pitää tutkimusteitse etsiä uusia mahdollisuuksia ja ratkaisuja raaka-aineista ja niiden ominaisuuksista alkaen tuotteiden uusiin ja mahdollisesti integroituihin ominaisuuksiin asti.

Päästöjen ja tuotannon lähtö eri suuntiin on onnistunut tosiasia. Seuraava vaihe – jalostusarvo ylös, energiankulutus alas – ei vielä näytä syntymerkkejään. Samaan aikaan kilpailukykyvaatimukset ja kansainvälinen työnjako näyttävät pakottavan Euroopan korkean jalostusarvon ja korkean energiankulutuksen polulle. Tärkeiksi nousevat järjestelmännovaatiot ja suoraan elämänlaatuun vaikuttavat toimenpidekokonaisuudet. Pelkästään tekniset innovaatiot tuskin riittävät.

Paperin merkitys pienentyä

Tiedonsiirto painetun median kautta menettää markkinaosuuttaan elektronisen tiedonvälitysteknologian kilpailukyvyyn muuttuessa ylivoimaiseksi ja samanaikai-

sesti biomassan markkinahinnan noustessa raaka-ainekilpailun takia. Ilmiö saattaa olla erityisen korostunut nopeasti kasvavassa Aasiassa, jossa ”paperikulttuurin painolastia” ei ole.

Uusiutuvien raaka-ainekasvun kehityksen painopiste siirtyy paperi- ja selluloosateollisuuden alueista erikoiskemikaalien ja energiatuotantoprosessien suuntaan. Uhkana on paperiteollisuuden kasvun muuttuminen negatiiviseksi ja kansantalouden yhden peruspilarin horjumisen. Myönteisiä seikkoja ovat puun ja muiden biomassojen sisältämien erikoiskemikaalien teollisen hyödyntämisen kasvu sekä kestävä energiaratkaisun mahdollisuuden avautuminen. Perusosaamista tältä alueelta on maassa runsaasti; valittavina on synergistisiä tai ei-synergistisiä ratkaisuja.

Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen voi merkitä myös teollisen rakenteen muutosta, ja se voi vaikuttaa teollisuuden sijoittumiseen. Samoin esimerkiksi biomassan allokatio eri käyttötarkoituksiin voi muuttua (puuta voi riittää aiempaa vähemmän kuitutuotteisiin). Tutkimuksessa tulisi painottaa tehokkaita prosesseja ja toisaalta miettiä resurssien käytön jakautumista sekä viisaita ohjauskeinoja sen hallintaan.

Tutkimusta pitäisi siis suunnata muutosten takana olevien prosessien analysointiin, jotta Suomi pystyisi toimimaan tehokkaasti oikeilla foorumeilla globaalin ympäristövastuullisuuden lisäämiseksi.

Tämä on suomalaisten yritysten kilpailukyvyyn kannalta ehdottoman tärkeää. Uhkana on se, että vastuuttomasti toimivat yritykset saavat kohtuuttoman kilpailuedun jättämällä ympäristöasiat hoitamatta.

Ympäristötietoisuus kasvaa

Suurten kompleksisten järjestelmien hallittavuus ja haavoittuvuus muodostavat yhteiskunnallemme uuden haasteen, joka liittyy tietoyhteiskuntaan, hajautettuun energiantuotantoon ja nopeisiin integroituihin tuotantjärjestelmiin.



Tietoisuus kaupunkien hengitysilmän huononemisesta, lisääntyvistä liikenneuhkista, kaatopaikkaongelmista ja muista selvästi ihmisten jokapäiväisessä elämässä näkyvistä seikoista kasvaa. Samoin poliittisten päättäjien paine pitää ympäristökysymyksiä agendalla kasvaa. Tätä trendiä nopeuttavat maailmalla suuret dramaattiset tapahtumat, joiden tulkitaan johtuvan ympäristön kantokyvyn ylittämisestä.

Kuvaavana esimerkkinä ovat vuoden 2005 Yhdysvaltain hurrikaanit, joiden vaikutuksesta liikennepolttoaineiden tarjonta väheni, hinnat ryntäsivät nopeaan nousuun ja energiasyöppöjen SUV-automallien myynti maassa romahti alle puoleen edellisvuodesta. Pienten energiatehokkaampien tuontimallien myynti kasvoi yli viidenneksen. Kyseessä ei varmastikaan ole yksi selkeä muutos, mutta tärkeässä roolissa (ainakin kehittyneissä maissa) ovat varmasti autoteknologian muutokset.

Tieliikenteen "sähköistyminen" tavalla tai toisella on mahdollinen kehityskulku, edellyttäen että sähkön tuotantojärjestelmien rakenne muuttuu olennaisesti nykytilasta enemmän kestäväen kehityksen suuntaan. Tieliikenne on merkittävä yksittäinen hiilidioksidipäästöjen lähde. Suomessa pitää ymmärtää tämä pitkän aikavälin skenaario ("puhtaampien" autojen tarve) ja tunnistaa mahdolliset etenemispolut, jotka voivat liittyä biopolttoaineautoihin, hybridiautoihin jne. Kehitys ei saisi olla liiaksi poliitikoiden sanelemaa tai vetämää.

Talouden globalisoitumisen yksi seuraus on suurten tuotantoyksikköjen menestyminen. Tästä taas seuraa lisääntyvä kuljetustarve tarvittavien raaka-aineiden saamiseksi tuotantolaitoksille. Samoin kasvaa tuotteiden jakeluun liittyvä primaarienergian tarve.

Tarvittavien kuljetusjärjestelmien kysyntä kasvaa, ja odotettavissa on kuljetusjärjestelmien enenevä ruuhkautumista, koska infrastruktuurin kehittäminen on luonteeltaan tyyppillisesti reaktiivista. Ruuhkautumisen lisää puolestaan osaltaan systeemin tehottomuut-

ta erityisesti energia- ja muiden tarvittavien raaka-aineiden käytössä. Kasvatavat kuljetuskustannukset hillitsevät tätä kehitystä, mutta suuret palkkakustannuserot ja erot kotimarkkinoiden kanssa nopeuttavat sitä.

Logistiikan tuottavuutta parantavat innovaatiot tulevat tärkeiksi kansantaloudelle, koska Suomi sijaitsee etäällä asiakaskeskittymistä. On oletettavissa, että samanlaisilla ratkaisuilla on myös globaalia kysyntää. Muutos uhkaa kaikkia sellaisia talouselämän osia, joihin liittyy suuria kuljetussuoritteita maalla ja ilmassa, ei niinkään merillä. Tässä suhteessa tieto ja sen logistiikka on edullista.

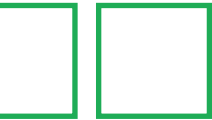
Osaamisalueet / energia

Energiajärjestelmien hierarkioiden kehittäminen etenee hitaahkosti. Perustiedot ovat olemassa, samoin analyysivälineet (kuten exergia-analyysit, pinch-tekniikka, kustannuslaskenta). Alan osaamista on, mutta sovellutuksia, demonstrointia ja viime kädessä ohjauskeinoja tarvitaan.

Integroidut energia- ja ympäristöjärjestelmät urbaanissa ympäristössä ovat avainsana tässä yhteydessä. Esimerkiksi erilaisten "virtojen" optimointi, näihin liittyvät teknologiat ja linkkiteknologiat ovat keskeisiä alueita. Lähtökohtana olisi kokonaiskuvan muodostaminen, josta sitten syntyy alakohtaista kehittämistyötä. Jäte- ja energiavirtojen minimointi, exergia-ajattelu, plus-energiatalot, energia-liikenne-jäteverkot ja muut vastaavat tekijät ovat myös tärkeitä avainsanoja.

Energian säästö, sähkön tuotanto ja käyttö entistä tehokkaammin esimerkiksi biomassasta ja erilaisista jätelämmöistä on tärkeä kehityskohde myös tulevaisuudessa. Rakennusten energiakäyttö on merkittävä osa koko energiankulutusta ja päästöjä. Uusilla teknologiaratkaisuilla voidaan käyttää energiaa tehokkaasti.

Kansainvälisten arvioiden mukaan kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämistoimet kohdistuvat erityi-



sesti rakennuksiin ja kotitalouksiin. Vähennyspotentiaali on arvioitu hyväksi. Suomessa rakennusten energiaosaamista on paljon, mutta se on hajanaista, vähän kilpailtua ja paikallista ja sieltä puuttuu avainalueita.

Energian käytön tehokkuus ja demand side management, kysynnän hallinta, nousevat voimakkaasti esille ilmastonmuutoksen torjunnassa ja öljyn käytön vähentämisessä. EU on tuomassa asiasta direktiivejä, Kansainvälinen energiajärjestö IEA viestii asian tärkeyttä ja myös Yhdysvallat ja Kiina panostavat uusiin energiaratkaisuihin. Negawatit (energiansäästöyksikö) voisivat vuonna 2050 vastata neljäkymmentä prosenttia maailman energiasta.

Loppukäyttäjäpuoli kehittyy nopeasti. Energiatehokkuus tulee välillisesti mukaan kuvaan erilaisissa tuotteissa, mutta tietoisia energiätehokkuuspiirteitä ei ole nostettu esille. Energiatehokkuuden pitäisi olla markkinoitava ominaisuus ja osa globaalia kilpailua sekä suomalaisen teollisuuden profiloitumista (vrt. Ruotsi tai Tanska).

Uusiutuvat energiantuotantomenetelmät kehittyvät nopeasti. Ajavana voimana ovat kestävä kehitys, energiaturvallisuus, poliittiset sopimukset ja kehittyvät markkinat. Uusia järjestelmäratkaisuja kehitetään hajautetun energiatuotannon ympärillä, mikä käsittää koko tuotantoketjun aina ekologiasta energiankäyttöön. Suomessa bioenergiaan liittyvä tekniikka on maailman huippua. Myös energiaturvallisuuden ja uusiutuvuuden merkitys kasvaa, samoin kuin hiilidioksidineutraalisuuden painoarvo.

Maatalouspolitiikan uudelleenjärjestely EU:ssa kaipaava uusia elementtejä. Unionin laajennus lisää markkinoita kehittyneelle bioenergiatekniikalle. Tarvitaan vuoro vaikutusta tekniikan kehittäjien, laitevalmistajien ja (uusien) energiaoperaattoreiden kesken.

Bioenergian kehittämissä on noussut esiin ”uusi muotikäsité” – *biorefinery* – jossa keskeinen ajatus on tuottaa polttoaineita bulkkituotantona

sekä samanaikaisesti hienokemikaaleja eri rakennosista sivuvirtoina. Ajatuksena on jo 1970-luvulla, öljykriisin jälkimainingeissa, esitetty keino tehdä suhteellisen kallis biomassa kilpailukykyisemmäksi fossiilisiin raaka-aineisiin verrattuna hyödyntämällä biomassan kaikki eri rakenneosat.

Yritykset ovat toistaiseksi kariutuneet siihen, että synergiaetua ei saavuteta. Syitä on kaksi: Sivutuotteiden markkinat yleensä ovat energiamarkkinoita paljon rajatummalla, ja todella kalliita hienokemikaaleja (kuten lääkkeet) valmistettaessa raaka-aineen hinta ei yleensä ole kriittinen tekijä.

Poikkeuksen muodostavat sellaiset ratkaisut, joissa jalostettavat sivuvirrat syntyvät sinänsä jo kannattavan bulkkituotantoprosessin yhteydessä, kuten esimerkiksi puunjalostusteollisuudessa. Metsäteollisuus voi hyvin toimia mallina ja perusalustana kehittyneille biorefinery-konsepteille. Suomen koko metsäsektorin tuotannon kattavaa huippuosaamista tulisi siis suunnata myös EU:n ja maailman kannalta muiden tärkeiden biomassojen hyödyntämissäpyrkimyksiin.

Tuulivoima on nopeimmin kasvava energiamuoto (vaikkakin edelleen absoluuttiselta määrältään suhteellisen vaatimaton). Suomalaisen teollisuuden osuus tuuliteknologian markkinoista näyttää pysähtyvän noin 300–350 miljoonan euron vuositasolle, vaikka suhteellisten markkinaosuuksien säilyttäminen vastaisi noin 1000–1500 miljoonan tasoa. Teknologialla voidaan edelleen luoda kilpailukykyä.

Mahdollisuuksia ovat esimerkiksi aeroelastiset materiaalit, tuulen ennustaminen, integrointi/systemiosaaminen ja uudet komponentit. Suomessa on komponenttiteollisuutta ja perustietoa, mutta ala on jäämässä jälkeen kansainvälisessä kilpailussa vähäisten julkisten panosten vuoksi.

Prosessien toiminnan, tuottavuuden ja pääomankäytön tehokkuuden kannalta virtausilmiöiden hallinnan merkitys kasvaa. Teollisissa prosesseissa ja tuot-



teiden käytön yhteydessä syntyvien hiukkasten erottamisteknologiat ovat ilmanlaadun parantamisen ytimessä. Tässäkin virtausilmiöiden hallinta luo perustan tehokkaille teknologioille. Suomessa tämä osaaminen on jo korkealla kansainvälisellä tasolla (esim. kiertoaijupetikattilat) sekä tiedontuotannossa että soveltamisessa.

Uusien teknologioiden käyttöönotto vaatii teknologioiden sopimista muuhun järjestelmään (esimerkiksi fyysiseen energiajärjestelmään, regulaatioympäristöön ja usein myös ihmisten käyttötottumuksiin sekä markkinoihin). Näiden järjestelmien ymmärtäminen vaatii toisaalta usein muodollista järjestelmätarkastelua, kuten simulointia ja optimointia, ja toisaalta ymmärrystä (mentaalista järjestelmäanalyysiä). Näitä tehtäviä tulee tehdä yhdessä tekniikan kehittäjien ja eri järjestelmän tuntijoiden kanssa.

Kehitteillä oleva pieni turvallinen fissioenergiaan perustuva ratkaisu mahdollistaisi portaittain pienin askelin kehitettävän sähköhuollon lisäkapasiteetin rakentamisen ensi vuosikymmenen jälkipuoliskolta alkaen. Teknologiaa on testattu koelaitoksissa. Sähköntuotannon lisäksi tämä mahdollistaisi myös CO₂-vapaaan prosessienergian (höyryn) ja/tai vetytuotannon kemianteollisuuden ml. nestemäisten polttoaineiden valmistukseen nykyisten teknologioiden kanssa kilpailukykyisesti. Kehitys sopisi esimerkiksi Tekesin teknologiaohjelmiin, joissa edistetään energiahuoltojärjestelmän perustan kehittämistä entistä monipuolisemmaksi ja kestäväen kehityksen suuntaan.

Nanotieteillä ja -teknologialla voi olla hyvin moninaisia sovelluksia energiapuolella. Jo tällä hetkellä nanotekniikkaa hyödynnetään katalyyteissä. Tulevaisuuden energiateknologiassa (kuten aurinkokennot, polttokennot, vetyteknologia, energian varastointi) nanotieteet saattavat tuoda läpimurtoja teknologiaratkaisuissa.

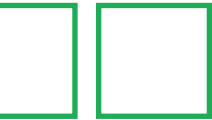
U.S.Doe/Office of Basic Energy Sciences arvioi (2003) nanoteknologian potentiaalisia sovelluksia seuraavasti:

1. Scalable methods to split water with sunlight for hydrogen production
2. Highly selective catalysts for clean and energy-efficient manufacturing
3. Harvesting solar energy with 20% power efficiency and 100 times lower cost
4. Solid-state lightning at 50% of the present power consumption
5. Super-strong, lightweight materials to improve efficiency of cars, airplanes, and the like
6. Reversible hydrogen storage materials operating at ambient temperatures
7. Power transmission lines capable of 1 gigawatt transmission
8. Low-cost fuel cells, batteries, thermoelectrics, and ultra-capacitors built from nanoconstructed materials
9. Materials synthesis and energy harvesting based on the efficient and selective mechanisms of biology

Keskeisiä perustutkimukseen liittyviä aihealueita, jotka tukevat energiasovelluksia ovat:

1. Catalysis by nanoscale materials
2. Using interfaces to manipulate energy carriers
3. Linking structure and function at the nanoscale
4. Assembly and architecture of nanoscale structures
5. Theory, modeling, and simulation for energy nanoscience
6. Scalable synthesis methods

Nanotekniikka laajasti käsitettynä (eräät kaupalliset alueet) elää vahvaa perustutkimusvaihetta energiaprospektiivistä katsottuna. Haasteena olisi suunnata



tutkimusta energiateknologiaan ja -sovelluksien suuntaan. Ala mahdollistaa uusia innovaatioita ja pienten toimijoiden ”sisääntulon”. Sovelluksissa tieto ja osaaminen ovat keskeisiä, mutta fyysiset resurssitarpeet yleensä pienet – teknologia on siis varsin yksinkertaista, mutta tarvitsee kovan tiedon taustalleen. Pienimuotoinen sähkön tuotanto voisi olla esimerkki ensimmäisistä sovelluksista energiassa, kuten tietenkin myös katalyytit.

Myös mobiiliteknologia kehittyä vauhtia. Suomi on maailman ehdottomia kärkimaita teknologiassa; tarvitaan sen soveltamista ympäristöön ja energiaan. Mobiiliteknologia etsii parhaillaan palveluja ja yhteiskunta kestävä kehityksen mahdollistavia välineitä – *a marriage made in heaven*. Mobiiliteknologiasovellukset sopivat kaikkialle, missä ympäristö- ja energiapalveluita kehitetään. Tarvitaan määrätietoista työtä ympäristö- ja energia-alan tarpeiden ja teknologian mahdollisuuksien yhdistämiseksi.

Biomassat energiaraaka-aineena ja niiden tuotannon teknologiat

Energiatuotannon puusta lähteissä ratkaisuisissa toimijoina ovat sekä energia- että metsäteollisuus. Teollinen integrointi tavoittelee raaka-aineen jalostusasteen mahdollisimman korkeaa tasoa, olipa tuotesovellus rakentaminen, paperi, energiatuote tai erikoiskemikaalit. Suomessa on jo huippuosaamista alalta.

Biopolttoaineita hyödynnetään nykyään tehokkaasti metsäteollisuudessa Suomessa kehitetyn teknologian avulla. Ketju ulottuu korjuusta leijakerroskattilateknologiaan. Koska tehtaat ovat jo nyt omavaraisia tai yliomavaraisia ja tulevilla energian säästöillä sekä korjuun tehostuessa tilanne kehittyy edelleen yliomavaraisuuden suuntaan, voidaan ylimääräistä biopolttoainetta muuttaa joko sähköksi tai (liikenne)polttoaineksi. Kun otetaan huomioon sähköntuotannon eri

mahdollisuudet, erityisesti liikennepolttoainevaihtoonousee kannattavaksi.

Liikennepolttoaineiden tuotantoteknologia (laite- ja prosessiteollisuus) ja tuotanto (metsä- ja energiateollisuus) voidaan kehittää metsäteollisuuden sivutuotteista. Tällä voi olla merkittävä kansantaloudellinen ja työllistävä vaikutus. Hanke vaatii huomattavan rahallisen panostuksen kehitysohjelmaan sekä liiketoiminnan aloittamiseen. Realistinen vaihtoehto lienee verkottuminen.

Energia-alan siirtyminen nopeasti uusiutuvien raaka-aineiden suuntaan etenee. Suomalaisen luonnonvaran ja talouselämän rakenteen antamat lähtökohdat ovat parhaimmillaan metsien biomassasta lähteviä.

Tällä hetkellä metsätalous on viritetty palvelemaan pääosin kuitutuotteiden ja rakennusmateriaalituotannon tarpeita. Energiatuotteiden tuotannon lisääntyminen voimakkaasti puuraaka-aineeseen pohjautuen luo raaka-ainehankinnan kilpailutilanteen, joka ilman syvältisesti ajateltua ja huippuosaamiseen perustuvaa integraatiota johtaa tämän rajallisen raaka-aineen käytön osalta osatsoituihin ratkaisuihin.

Biopolttoaineiden tuotannon kasvu on lähivuosina nopeaa. Tarve saada raaka-ainetta biopolttoaineiden tuotantoon lisääntyy. Tavoitteina on CO₂:n välttämisen taloudellisuus ja raaka-ainetehokkuus. Yksi suurimmista reiteistä liikenteen biopolttoaineisiin on hyödyntää kasvien tuottamia luonnon öljyjä, jotka tyyppillisesti ovat rasvahappoja ja niiden esterijohdannaisia.

Markkinoilla nyt olevat raaka-aineet on kehitetty ja pääosin hyödynnettävissä elintarvikeketjun ehdoin ja sen tarpeisiin. Polttoainetuotannon kasvava raaka-ainetarve voitaisiin tyydyttää sellaisillakin raaka-aineilla, joiden ominaisuuksiin ei tarvitse liittää elintarvikekäytön edellytyksiä.

Tarvitaan kehitysohjelma, jonka tavoitteena on ei-elintarvikekelpoisten kasviöljyjen suurimittaisen tuotantoedellytysten rakentaminen. Tavoitteena tulisi



olla sellaiset kasvit, joiden antama hehtaarituotto on mahdollisimman suuri. Kasvitiede, kasvinjalostus ja geenitekniiikan mahdollisuudet tulee valjastaa näihin tavoitteisiin. On suunnattava alkutuotantoa (maa- ja metsätalous) energiatalouteen korvaamaan menetettyjä elintarvikealoja (esimerkiksi sokerikasvit).

Energian käytön tehostaminen, negawatisointi

Energiatehokkuuden mahdollisuudet ovat valtavat. Tuotteiden ja sovellusten tehokkuutta voidaan helposti parantaa 10–20, jopa 30–50 prosenttia eräillä alueilla. Lyhyen aikavälin tutkimus ja kehitys riittää potentiaalin realisoimiseksi.

Energiatehokkuus tulisi nostaa selväksi tuoteominaisuudeksi erityisesti potentiaalisissa tuotteissa, ja sen kasvattamiseen tulisi panostaa tutkimus- ja tuotekehitysresursseja. Kuluttajapuolen tuotteilla on myös suurta potentiaalia. Energiatehokkuus on vaikeasti markkinoitava piirre, ja sen muuttaminen tuottavaksi vaatii miettimistä ja liiketoimintaosaamista. Yritysympäristön kokoaminen energiatehokkuuden ympärille voisi avata uusia näkymiä ja ratkaista ongelmia. Yhteinen näkyvyys loisi korkeampaa profiilia ja hyödyttäisi kaikkia. Tekes ja Finpro ovat tärkeitä muutosagentteja asiassa.

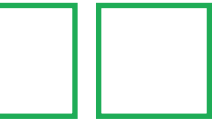
Smart power -järjestelmissä uusien globaalien tuotteiden kehittämisessä ja liiketoiminnan synnyttämisessä yritykset ovat tärkein kohde- ja toimijaryhmä. Alue kasvaa joka tapauksessa, koska hajautetun energian kysyntä kasvaa maailmalla. Kysyntä voi ulottua piensovellusten energiakäytöstä aina ”kylätasolle”. Tuotannon ja tehokkaan käytön integrointi tuo edullisia ja kilpailukykyisiä ratkaisuja. Esimerkiksi WLED+ solar power+-akun tuottaman valaistuksen hinta (\$/lux-tuntia) on vain 1/5000 osa kerosenilampun hinnasta.

Aluetta voisi kehittää esimerkiksi siten, että Tekesin DENSY-ohjelmalle saataisiin jatko, joka keskittyy business-pohjaisiin smart power -ratkaisuihin; paketteja, joissa sekä tuotanto että tehokas käyttökoneologia integroidaan kilpailuedun synnyttämiseksi globaalit markkinat huomioonottamalla. Esimerkiksi aurinkokennot, polttokennot, pienagregaatit ja termosähkö kuuluvat tähän kategoriaan. Tekes katalysoi innovatiivisia ja kasvuhaluista yrityksiä apunaan yliopistojen osaaminen tuotekohtaisesti, mutta toiminta voisi olla myös yliopistovetoinen: yhdistetään liiketoiminta- ja teknologiaosaamista esimerkiksi verkostoyrityksiin.

Nykyisten prosessien muutokset (muun muassa kytkennät) ja uusien prosessiosien mukaanotto on laaja kokonaisuus, jossa Suomen osaaminen on sekä teoriana että käytännön näkökulmista maailman huipulla. Tuolla osaamisella saavutetaan kilpailuetua. Suomi on johtava maa metsäteollisuuden prosessilaitteiden toimittajana – näin voidaan vaikuttaa maailmanlaajuisesti alan energian kulutukseen. Suomessa metsäteollisuus on iso energian kuluttaja – mikä puolestaan vaikuttaa maan energian kulutukseen ja päästöihin. Syntyvä ylijäämäbioenergia voidaan hyödyntää muihin tarpeisiin.

Aihe vaatii laajaa tutkimus- ja kehitystyötä alkaen biologisista prosesseista raaka-aineen rakenteeseen (puuaines ja sen ominaisuudet) asti. Osa kehityspotentiaalista on saavutettavissa suhteellisen helposti – kyse on lähinnä investointikustannuksesta uutta prosessia hankittaessa – mutta osa on erittäin vaikeaa ja epävarmaa.

Korkeakouluopetusta ja tutkimusta tulee kehittää ja lisätä resursseja merkittävästi. Verkottumista eri tutkimusalueiden ja eri maiden organisaatioiden välillä tulee kehittää. Rahoitus tarvitaan valtiolta pitkäjänteiseen ja ”epävarmaan” työhön. Alan asiantuntijat voisivat miettiä yksityiskohtaisen toimintasuunnitelman.



Pullonkauloina ovat rahoitus sekä tehokas verkottuminen.

Rakennusten energiatarpeen oleellinen pienentäminen esimerkiksi kaavoituksen ja rakentamisen keinoin olisi Suomessa luultavasti tehokas tapa pienentää kaukolämpöverkon ulkopuolella olevan rakennuskannan hiilidioksidin ja muita aineiden päästöjä. Tapoina voisivat olla vaikkapa talopaketeissa valmiina tulevat erilaiset komposiitit, lämmön talteenottoratkaisut ja kaukolämmityksessä lämpötilojen lasku ja lämpöpumppujen käyttö.

Perusvoimaa ajavien ydinvoimalaitosten ja muiden teollisuuslaitosten matalalämpötilainen energia menee nykyään hukkaan, mutta sovellutuksia lienee löydettävissä. Tällainen kehitys soisi mahdollisuuden laajentaa Suomen korkeatasoisen CHP-osaamisen (yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto) markkinoita myös sellaisiin maanosiin, jossa luonnollista lämmön tarvetta ei ole riittävästi. Viranomaisten pitäisi ryhtyä toimiin, jotta Suomen ympäristö- ja energiapolitiikassa käydään eri vaihtoehdot selkeästi läpi.

Talo kokonaisuutena on lähtökohtana. Tavoitteena on pieni tai jopa negatiivinen ominaiskulutus, joka saadaan yhdistämällä erilaisia teknologisia ratkaisuja, mutta myös esimerkiksi designia, teollista valmistustekniikkaa, standardointia, tietotekniikkaa ja elinkaarirajattelu materiaaleihin. Tavoitteena voisi olla joustava pakettitalotyypinen ratkaisumalli, jossa energia (ja ehkä myös jäte) on lähes "eliminoitu".

Yksittäisten teknologiaratkaisujen integrointi toimiviksi kokonaisuuksiksi on osaamisen avain. Joitakin uusia "gatekeeper"-teknologioita tarvitaan. Yritykset ovat tässä avainasemassa, mutta julkisen rahoittajan työntö on tarpeen. Akateeminen maailma tulee kytkeä mukaan erityisosaamisella. Pullonkaulana on koko rakennussektorin pirstaleisuus ja heikko innovaatioaste. Uusia innovatiivisia, kasvuhakuisia ja globaaleille markkinoille pyrkiviä toimijoita tarvitaan.

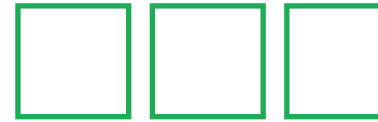
Uudet energiantuotantojärjestelmät ja niiden integraatiot

Energiaturvallisuuden, uusiutuvuuden ja puhtaan energian merkitys kasvaa. Alueiden ja maiden energiasuunnittelu kaipaa uusia ratkaisuja. Myös maatalouspolitiikan uudelleenjärjestely EU:ssa kaipaa uusia elementtejä. Unionin laajennus lisää markkinoita kehittyneelle bioenergiatekniikalle.

Uusien energiantuotanto- ja käyttöteknologioiden tulee sopia toimintaympäristöön, jota ohjaavat esimerkiksi päästörajoitukset (kuten päästökauppa), energiemarkkinat ja toisaalta monenlainen muu säännöstö, joka on alun perin usein laadittu muita teknologioita varten. Tästä kokonaisuudesta pitää pystyä tekemään analyyseja, joiden perusteella voidaan uuden teknologian käyttöönotto tehdä mahdolliseksi joko kehittämällä teknologiaa sopivaksi tai usein myös kehittämällä säännöstöä.

Kaivataan uusia innovatiivisia kaupallisia kokonaisratkaisuja, joiden kautta samaa ratkaisua voidaan soveltaa monessa kohteessa laajalla markkinalla. Toteutukset, kokonaisjärjestelmäratkaisut, voivat toteutua nopeasti, sillä oikealla kaupallisella ratkaisulla on sosiaalinen tilaus.

Hajautetut ja pienemmät energiaratkaisut kasvavat suhteellisesti nopeammin kuin suuret voimalainvestoinnit. Kasvualusta on suuri, sillä esimerkiksi kehitysmaissa 2–3 miljardia ihmistä on käytännössä ilman energiapalveluja. Alle kahdenkymmenen kW:n kokoluokka on kiinnostava segmentti. Energian tuotannon ja tehokkaan käyttöteknologian yhdistäminen luo uusia kilpailukykyisiä sovellusmahdollisuuksia. Jos nämä ovat kuluttajapuolen sovelluksia, massatuotanto on mahdollista (esimerkkinä "energiäkännykät"). Suomessa on pienimuotoiseen energiateknologiaan satsattu yleensä vähän, ja integrointi on harvinaista. Mutta perusosaamista, hyvää insinööritaitoa ja muutama hyvä yritysmerkkinäkin löytyy jo.



Polttokennoihin liittyy suuria odotuksia. Hiilivetyjen muuntaminen sähköksi pienessä mittakaavassa hyvällä hyötysuhteella avaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia muun muassa sähkön ja lämmön yhteistuotannossa ja kannettavissa sovelluksissa. Keskeisiä tieteen ja teknologian osaamisalueita tässä yhteydessä ovat esimerkiksi materiaali- ja valmistustekniikka sekä luonnollisesti erilaiset sovellusalueet.

Seuraavien kymmenen vuoden aikana polttokennot tullevat markkinoille. Suomessa on parin viime vuoden aikana panostettu varsin paljon polttokennojen sovelluspuoleen, mutta alan yritys kenttä on vielä suppea. Ydinteknologiaa on eräillä alueilla, kuten PEM-teknologiassa (polymeerielektrolyyttinen kenno) ja SOFC-systeemeissä (kiinteäoksidipolttennot). Yrityskiinnostusta löytyy kuitenkin yhä enemmän.

Pienimuotoinen sähkön tuotanto sekä sähkön ja lämmön yhteistuotanto ovat tärkeimmät polttokennojen käyttöalueet. Kaikissa näissä sovellusyhteyksissä polttokennot tulevat olemaan hyvin tärkeitä. Yritykset tarvitsevat alan tietoa vastatakseen kilpailuun. Polttokennot ovat tällä hetkellä markkinapenetraation alkuvaiheessa. Proto-tuotteita löytyy, mutta uusille innovaatioille (esimerkiksi halvemmat materiaalit, massa-tuotanto ja älykkäät sovellukset) on kuitenkin edelleen tilaa.

Alan kehittämiseksi tarvitaan sekä perusosaamisen kasvattamista että lisää yritysaktiiviteetteja. Ilman polttokennojen ydinteknologiaa ei tuotteistamisessa tulla saavuttamaan riittävää kilpailuetua. Vastaavasti ilman yrityksiä osaaminen ei muutu kilpailukykyisiksi tuotteiksi. Julkiset rahoittajat, teollisuus(järjestöt) ja tutkijat ovat keskeisessä asemassa polttokennoteknologian osaamisalueen eteenpäin viemiseksi. Tutkimus- ja kehitystyön rahoituksen jatkuvuus pitäisi taa-ta, etenkin kun polttokennot ovat pitkän tähtäimen teknologiaa.

Aurinkoenergiassa mahdollisuuksia

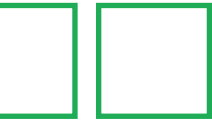
Aurinkoenergia on yksi nopeimmin kasvavia hajaute-tun energiatuotannon muotoja. Pääasiallisesti hyödyntämismuodot ovat aurinkolämpö ja -sähkö. Aurinko-sähkömarkkinat ovat kasvaneet 30–40 prosenttia ja aurinkolämpö noin 10–20 prosenttia vuositasolla. Kiinassa aurinkolämpölaitteiden valmistus on seitsemän TWh/v. Kasvu on nopeaa erityisesti omilla markkinoilla (satakertainen potentiaali). Järjestelmät ovat massa-tuotettuja ja edullisia, tuotanto halvempaa kuin perin-teisen energian.

Keskeisiä osaamisalueita ovat järjestelmät ja ma-teriaalit. Näillä alueilla Suomessa on varsin hyvää osaamista; vienti jo nyt 25 miljoonaa euroa vuodessa. Kotimaan markkinat ja signaalit ovat varsin heikkoja ja tietoisuus markkinoiden mahdollisuuksista vajavainen. Aurinkoenergia voisi olla lupaava vientialue. Potentiaa-li on suuri ja trendi positiivinen, ja hintakin on tulossa kohdalleen. Markkinat ovat jo nyt kymmenen miljardin euron luokkaa.

Innovaatioilla on edelleen merkitystä erityisesti halvempien ja parempien materiaalien osalta. Myös soveltajille ja järjestelmäosaajille on tilaa.

Tarvitaan riittävät resurssit monitieteiseen järjes-telmätutkimukseen, joka ottaa huomioon edellä esi-tettyjä tekijöitä (fyysinen järjestelmä, markkinat ja ta-lous, regulaatio, käyttötottumukset). Monipuolisuuden aikaansaamiseksi mukana tulisi olla useita yliopistoja ja tutkimuslaitoksia. Tarvitaan myös vahvaa yhteistyö-tä teknologian kehittäjien kanssa. Julkinen rahoitus on myös alalla tarpeen, koska minkään yksittäisen tekno-logian kehittäjä ei voi luoda koko järjestelmää. Sovel-lusalueen ymmärtäminen on usein reunaehto uusien teknologioiden käyttöönotolle (esimerkkinä hajautettu energiatuotanto).

Osaamisalue kaipaa uusia konstellatioita ja pa-rempaa ymmärrystä kokonaismarkkinoista ja niiden hallinnasta. Tarvitaan vuorovaikutusta tekniikan keh-



täjien, laitevalmistajien ja (uusien) energiaoperaattoreiden kesken.

Uudet tekniikat: tuotanto ja käyttö

Nanoteknologia – sekava ja osittain ”keinotekoisesti paisutettu” alue, joka kuitenkin kirjossaan tarjoaa laajat mahdollisuudet – on vielä vaiheessa, jossa sitä kutsutaan erilliseksi tieteen/teknologiaksi. Kypsyessään se siirtynee osaksi niitä lukemattomia sovellusalueita, jotka nyt ovat saman katon alla. Nanoteknologian ja -tieteiden vaikutusta energiasektorille on helpompi katsoa sovelluskohteiden kautta.

Ydinkysymyksiä ovat:

- Miten lisätä energiatehokkuutta ohjausta tehostamalla?

Sekä valvontaelementit että älykkäät toimilaitteet ja venttiilit voivat saada lisätehoa nanoteknologiasta. Älykkäät sensoriverkot (”smart dust” ja niiden sukulaiset), jotka koostuvat koko ajan pienenevistä sensoreista, pattereista ja toimilaitteista sekä verkon älystä (hajautettu äly avainasemassa), ovat jo osittain nanoskaalassa, mutta kaikkien niiden osien kehitys on todennäköisesti tuleva valttikortti: Suomen automaatio-osaaminen (esimerkiksi Metso) ja sopivien niche-markkinoiden löytäminen on olennaisen tärkeää.

- Miten lisätä energian konversion ja säilytyksen tehokkuutta (patterit, aurinkokennot, polttokennot, mahdollinen vetytalous)?

Paristoissa nanoteknologia on ehkä nopeimmin tulos- tehostamaan pieniä akkuja, joskin esimerkiksi kannettaviin tietokoneisiin ja kännyköihin on jo olemassa metanolipolttokeinoja. Aurinkokennoissa materiaalien kehitys (taipuisat, roll-to-roll-tulostettavat pinnat, olipa sitten kyseessä OLED-näyttö tai aurinkokenno) ovat avainasemassa.

- Miten lisätä energiatehokkuutta prosessin sisältä; prosessikemia nanotasolla?

Tämä perustuu hyvin yksinkertaiseen fysiikan lakiin: kun liikutaan kohti nanomittakaavaa, pinta-ala kasvaa suhteessa tilavuuteen eli käyttöön tulee enemmän reaktiopinta-alaa. Esimerkiksi hiilen nesteytys, nano-Fischer-Tropsch, on jo nyt noin kahdeksan kertaa tehokkaampaa kuin perinteinen prosessi.

Nanomittakaavan laitteet (kuten niin sanotut ”nanobarcode”) ja katalyytit tarjoavat runsaasti mahdollisuuksia löytää sopiva keihäänkärki, joka rakentuu Suomen olemassa oleville vahvuuksille ja markkina-aukon löytämiselle.

Fissioenergiateknologia kokeiluvaiheeseen

Uusi turvallinen fissioenergiateknologia perustuu rae- muotoisen polttoaineen jatkuvatoimiseen prosessointiin. Reaktori on rakenteeltaan sulamaton, itsestään pysähtyvä. Seuraavien kymmenen vuoden aikana syntyy rakennettavien koelaitosten myötä käyttökoke- musta tästä teknologiasta, joka mahdollisesti tuo ydintekniikan sovellukset huomattavasti nykyratkaisuja pienempään mittakaavaan ja nopeammin toteutettaviin, modulaarisiin laitoksiin. Suomen nykyainsäädäntö ei mahdollista tällaisen tekniikan sovelluksia. Panostuksen tuloksina ovat sähköhuollon CO₂-vapaaan tuotannon vaihtoehtoisten ratkaisujen valikoiman lisääminen sekä lainsäädännön kehittämisen perusteiksi tarvittavan tiedon hankinta.

Virtausilmiöt keskeinen tekijä

Virtausilmiöt liittyvät fysiikkaan ja kemiaan ja siten mitä moninaisimmilla tavoilla energiatuotannon teknologioihin, olipa sitten kyse polttoprosesseista tai prosessitek- nologioista, joilla tuotetaan polttoaineita. Uusiutuvien ja kierrätysraaka-aineiden käyttö yhdessä perinteisten



raaka-aineiden kanssa energian tai/ja polttoaineiden tuotannossa lisää tuotantoprosessin hallinnan kompleksisuutta.

Virtausilmiöt muodostavat keskeisen tekijän muun muassa seuraavilla alueilla: Höyrykattilasuunnittelu ja -rakentaminen, jatkuvatoimisten kemian ja biokemian prosessiyksiköiden suunnittelu ja rakentaminen, hiukasten erotusmenetelmien kehittäminen kaas- ja nestefaasissa, bio- ja jättemateriaalien poltto- ja kaustusteknologiat sekä edellisiin liittyvät erotus- ja puhdistusteknologiat. Tarvitaan suurehkoja eri toimijoiden osaamisia ja resursseja hyödyntävä projekteja, esimerkiksi biorefinery-konsepti.

Tietotekniikka tehostamaan energia-alaa

Tieto- ja viestintätieteillä voi olla vaikutusta sekä energian tuotannon että kulutuksen päässä. Esimerkkejä ovat muun muassa virtuaaliset sähköyhtiöt, joissa adaptiivisella systeemitekniikoilla voitaisiin ohjata tuotantoa. Kulutuspäässä informaatiotekniikka mahdollistaa pienten kuormien ohjauksen ja tätä kautta luo niin sanottuja DSM-vaihtoehtoja (domain-specific modeling), joka voisi edelleen lisätä strategisia sähkön tuotantoreservejä kulutuksen huippuajoina. IT:llä voisi olla erityistä merkitystä rakennusten energian käytön vähentämisessä, esimerkiksi valaistuksen säätöautomaatiossa ja älytaloissa. Liikennepuolella autoissa olevat informaatiojärjestelmät voivat auttaa polttoainekulutuksen vähentämisessä (esimerkkinä reittivalinnat).

Sähkön tuotannossa digitaalisesti ohjattu verkko on mahdollisuus. DC-mikroverkot liittyvät kiinteästi IT:n hyödyntämiseen. Edellä mainitut muutamat esimerkit ovat globaalisia ja geneerisiä mahdollisuuksia,

joihin Suomen kaltainen IT-osaaja voisi tarttua. Langattomat ja nopeat yhteydet, LAN/LON ja muut vastaavat informaatioverkot ovat osa IT & energia -ratkaisumalleja.

Informaatiotekniikan nopea kehitys luo siis edellytyksiä täysin uudentyyppisille palveluille ja toimintavoille sinänsä hitaasti muuttuvalla energia-alalla. Alan sovellukset ovat keskeisiä sekä energiayhtiöiden asiakasrajapinnassa että myös niin sanotuissa asettamisen optimisointi -kysymyksissä eli kun haetaan optimaalista ajotapaa voimalaitoksille tai kehitetään laitosten kaukoseurantaa ja -hallintaa.

Energiayhtiöiden asiakasrajapinnat ovat muuttumassa oleellisella tavalla automaattisen mittarinhallinnan ansiosta (AMM, Automatic Meter Management). Ruotsissa laki edellyttää, että 1. heinäkuuta 2009 mennessä sähköyhtiöiden laskutus perustuu kuukausittaiseen todelliseen mittarinluentaan.

Suuret pohjoismaiset voimayhtiöt asentavat uudet mittarit kaikille asiakkailleen lähivuosina. Periaatteessa voidaan luoda edellytykset esimerkiksi kerran tunnissa tapahtuvalle mittaukselle, mikä sähköasiakkaalle tarkoittaisi aitoa mahdollisuutta reagoida sähkön markkinahinnan vaihteluihin. Tämä loisi myös aitoa kysynnän joustoa, mikä on sähkömarkkinoiden oikean toiminnan kannalta oleellinen piirre.

Uuden mittarijärjestelmän kaksisuuntainen tietoliikenne energiayhtiön ja kuluttajan välillä luo aivan uudet edellytykset myös kehittää kuluttajan järkevää energiankäyttöä tukevia palveluja erilaisten web- ja mobiilisolujen kautta. Myös tilanteen seuranta ja hallinta sähkökatkosten aikana voidaan parantaa oleellisesti.



5. Infrastruktuurit ja turvallisuus

Puheenjohtajat

Risto Laukkanen, Pöyry Oyj

Risto Tainio, Helsingin kauppakorkeakoulu

Panelistit

Sirkka-Leena Holmberg, VR Osakeyhtiö VR Cargo

Heikki Härtsiä, Insta DefSec Oy

Kari Oksanen, Nordea Bank Finland Plc

Pasi Pasivirta, Euroopan puolustusvirasto,

Bryssel/Puolustusvoimat

Urho Pulkkinen, VTT

Vesa Puttonen, Helsingin kauppakorkeakoulu

Ilkka Pyysiäinen, Helsingin yliopiston tutkijakollegium

Mika Salminen, Kansanterveyslaitos

Tom Schmidt, Tieyhtiö Nelostie Oy,

Tieyhtiö Ykköstie Oy

Hannu Uusitalo, Eläketurvakeskus

Turvallisuusympäristö muuttuu, infrastruktuurit pidettävä ajan tasalla

Tämän paneelin aihepiiri, Suomen infrastruktuuri ja turvallisuus, oli laaja ja moniaineksinen. Infrastruktuuri koostuu kuljetusteistä ja -järjestelmistä, televiestintä- ja tietoverkoista, energia-, rahoitus- ja terveydenhuoltojärjestelmistä sekä niiden häiriöttömän toiminnan takaavista rakennuksista ja laitoksista.

Turvallisuus on puolestaan infrastruktuuria monimerkityksellisempi käsite. Englannin kielessä sen eri puolia kuvataan kahdella käsitteellä, jotka ovat safety ja security. Safety-käsitettä käytetään, kun viitataan turvallisuuteen, mahdollisuuksiin suojautua tahattomilta onnettomuuksilta tai inhimillisestä toiminnasta riippumattomilta luonnonkatastrofeilta. Security-käsite puolestaan kuvaa tuottamuksellisuutta, inhimillisen toiminnan aiheuttamaa turvallisuutta tai turvattomuutta. Sitä käytetään, kun puhutaan järjestäytyneen rikollisuuden, terrorismin tai sodan uhkan aiheuttamasta turvallisuustilanteesta.

Turvallisuus on mitä suurimmassa määrin voimasuhtekysymys. Jos kansakunta on heikko ja voimaton, se on muiden voimien armoilla ja turvaton. Jos se taas on voimakas ja vahva ja pystyy vaikuttamaan omaan kohtaloonsa, se on suhteellisen turvallinen.

Kylmän sodan liennyttyä ja Neuvostoliiton hajottua suurvaltakonfliktit ja niihin liittyneet maailmansodan uhkakuvat ovat väistyneet ainakin väliaikaisesti. Suomea eivät uhkaa ulkoiset aseelliset voimat. Suurvaltujen voimatasapainon muutos on kuitenkin vaikuttanut myös Suomen turvallisuuteen. Neuvostoliiton hajomisesta johtunut heikkeneminen on vahvistanut Suomen turvallisuutta. Suomen EU-jäsenyys on toiminut samansuuntaisesti. Globalisaatio on kuitenkin synnyttänyt myös uudenlaisia vaikuttavia voimia ja uhkia Suomen turvallisuudelle. Tällaisia ovat mm. kansainvälinen, järjestäytyneet rikollisuus, terrorismi sekä ulkomainen omistajuus. Rajat eivät enää entiseen tapaan

suojaa Suomeakaan tällaisilta voimilta. Modernista yhteiskunnasta on tullut entistä haavoittuvampi ja herkempi ulkoisille vaikutuksille: Ilman sähköä ja tietotekniikkaa yhteiskunta pysähtyy. Tietoliikenteen ja tietoverkkojen häiriöt saattavat lamaannuttaa koko yhteiskunnan toiminnan.

Infrastruktuuri- ja turvallisuuskysymykset ovat kietoutuneet läheisesti toisiinsa. Infrastruktuurin puutteet ja heikkoudet heikentävät koko kansakunnan turvallisuutta. Turvallisuus edellyttää infrastruktuurien pitämistä ajan tasalla.

Muutostekijät

Perusrakenteet voivat muuttua nopeastikin

Paneelin ensimmäisenä tehtävänä oli tunnistaa muutostekijöitä ja -voimia, jotka vaikuttavat Suomen infrastruktuuriin ja turvallisuuteen lähimpien kymmenen vuoden aikana. Toisena tehtävänä oli pyrkiä tunnistamaan sellaisia osaamisalueita, joihin panostamalla infrastruktuurin korkea taso ja yhteiskunnan turvallisuus voitaisiin taata myös tulevaisuudessa. Koska paneeli ei edustanut sotilaspoliittista asiantuntemusta, se ei käsitellyt yksityiskohtaisesti sotilaallisia uhkia ja sotilaallista toimintaa, vaan keskittyi ensisijaisesti infrastruktuurikysymyksiin ja korosti niiden sovellutuslähtöisyyttä.

Yhteiskunnan infrastruktuuria pidetään yleensä suhteellisen pysyvänä tai vain hitaasti muuttavana. Nykyaikana muutokset myös yhteiskuntien perusrakenteissa voivat olla nopeita ja dramaattisia. Tästä esimerkinä ovat Yhdysvaltain viime vuosien tapahtumat. Maan infrastruktuuri on kokenut laajoja toimintahäiriöitä ja toteutuneita uhkia, kuten energian saavuusongelmia (sähkökatkokset), luonnonmullistuksia (hurrikaanit) sekä taloudellisia kriisejä ja väärinkäytöksiä (Enron). Dramaattisin turvallisuutta koskenut muu-



tos oli kuitenkin 11. syyskuuta 2001 tapahtunut terrori-isku. Se muutti Yhdysvaltain turvallisuuspoliittista ajattelua ja koko maailman käsityksiä ulkoisista ja sisäisistä turvallisuusuuhkista.

Vuoro- ja yhteisvaikutuksia vaikea ennakoita

Myös Suomen infrastruktuurissa ja turvallisuudessa voi seuraavien kymmenen vuoden aikana tapahtua paljon ja monenlaista. Infrastruktuurin nykytila voi periaatteessa säilyä ennallaan, heikentyä tai parantua. Muutokset voivat johtua joko ulkoisista muutosvoimista tai sisäisistä toimista tai molemmista. Kyse on monimutkaisista vuoro- ja yhteisvaikutuksista, joiden ennakointi on vaikeaa. Samatkin tekijät voivat eri olosuhteissa ja eri tekijöiden yhteydessä vaikuttaa eri tavoin ja erisuuntaisesti.

Lähtökohdat Suomen infrastruktuurin kehittämiseksi ja maan turvallisuuden vahvistamiselle ovat hyvät. Suomessa on hyvin toimivat koulutus-, innovaatio- ja terveydenhuoltojärjestelmät. Maassa on niin ikään uudenaikaiset televiestintä- ja tietoverkot, kattavat kuljetustiet sekä korkeatasoiset energia- ja rahoitusjärjestelmät. Suomi on myös turvallinen maa. Sodan uhka on vähentynyt, ja sisäinen turvallisuus on säilynyt vahvana. Suomen rajavalvonta on kansainvälisissä vertailuissa arvioitu tehokkaaksi ja korkeatasoiseksi. Kansainvälinen, rajat ylittävä rikollisuus ei ole vielä laajassa mitassa levinnyt Suomeen.

Maantieteellinen sijainti ja geopolittinen asema luovat perustan Suomen infrastruktuurin kehittämislle sekä maan ulkoisen ja sisäisen turvallisuuden vahvistamiselle. Suomi on, ja tulee olemaan, pieni pohjoinen maa suurvallan rajanaapurina. Suomen sijainti, kylmä ilmasto sekä väestön pieneneminen asettavat erityisvaatimuksia maan infrastruktuurin kehittämislle.

Neuvostoliiton sodanjälkeinen vahvuus, sen 1980- ja 1990-lukujen taitteessa tapahtunut romahdus ja Venäjän 1990-luvulla jatkunut heikkous ovat vaikuttaneet Suomen turvallisuuteen ja Suomen turvallisuuspoliittisiin ratkaisuihin. Näin tulee todennäköisesti olemaan myös tulevaisuudessa.


Toinen Suomen turvallisuuteen vaikuttava tekijä on Suomen EU-jäsenyys. Suomi on osa laajempaa voimakenttää. Valtaosa (noin 61 prosenttia) suomalaisista kannattaa EU:n yhteisen ulko- ja turvallisuuspolitiikan luomista. Yhtä moni on kuitenkin sitä mieltä, että Suomen on kaikissa olosuhteissa kyettävä itse vastaamaan turvallisuudestaan (EVA, 2002).

Globalisaatio lisää liikkuvuutta ja riippuvuutta

Maailmanlaajuisesta toimintaympäristöstä on tunnistettavissa muutostrendejä, jotka ovat vaikuttaneet Suomen infrastruktuuriin ja turvallisuuteen. Mitä todennäköisimmin nämä muutokset tulevat vaikuttamaan myös seuraavien kymmenen vuoden aikana.

Nykyisen infrastruktuurin ja suomalaisen turvallisuusajattelun juuret ovat sota-ajassa, valtiojohtoisessa sotataloudessa, sotakorvauksissa ja teollisessa jälleerakennuksessa. Suomen infrastruktuuri kehittyi pitkään valtiojohtoisesti, suurissa, hierarkkisissa organisaatioissa ja raaka-aineita työstäneissä prosessiteollisuusyrityksissä. Vahvoja osaamisalueita olivat insinööriosaaminen – pääomaintensiivisen tuotannon organisointi ja teknologian hallinta – sekä yhteiskunnallinen suunnittelu ja korporatistinen yhteistyö.

Viimeksi kuluneiden kymmenen vuoden aikana tämä valtiojohtoinen, suunnittelun ja kilpailurajoitusten sävyttämä järjestelmä on käynyt läpi voimakkaan muodonmuutoksen. Suomen pääoma-, tuote- ja palvelumarkkinat on avattu ulkomaiselle kilpailulle ja Suomi on siirtymässä kohti kilpailutaloutta. Prosessi on vielä kesken.



Suuri yhteinen nimittäjä viime aikoina tapahtuneille muutoksille eri puolilla maailmaa on ollut globalisaatio. Globalisaatio voidaan tiivistää kahteen maailmanlaajuiseen muutostrendiin: lisääntyneeseen liikkuvuuteen ja maapallon eri osien keskinäisen riippuvuuden kasvuun. Nykypäivän globalisaatio alkoi Berliinin muurin murtumisesta ja Neuvostoliiton hajoamisesta, ja prosessi jatkuu edelleen. Maailmantaloudessa on myös aikaisemmin koettu intensiivisen kansainvälistymisen kausia. Nykyinen globalisaatio poikkeaa niistä kuitenkin merkittävästi.

Ensinnäkin nykyinen globalisaatio on selkeästi pääoma- ja finanssivetoista. Kansalliset teolliset taloudet ovat murtuneet ja uusi kansainvälinen, sijoittajavetoisen finanssitalous on nousemassa esiin. Pörssit, investointipankit, sijoitusrahastot ja riskirahoittajat ovat muodostaneet yhtenäiset, maailmanlaajuiset, yötä päivää auki olevat raha-, pääoma- ja sijoitusmarkkinat. Niiden voima ja merkitys maailmantaloudessa on jatkuvasti kasvanut. Raha- ja pääomavirrat eivät enää, kuten 1900-luvun alun teollisessa taloudessa, seuraa tavara- ja hyödykevirtoja, vaan liikkuvat ”omalakisesti” kohti pääoman korkeinta tuottoa. Tämän kehityksen on tehnyt mahdolliseksi kansallisten raha- ja pääomamarkkinoiden avautuminen sekä 1990-luvulla tapahtunut pääomien liikkuvuusesteiden murtuminen ja kansallisten omistusrajoitusten poistuminen.

Toiseksi: nykyinen globalisaatio on luonteeltaan aikaisempia kansainvälistymiskausia tietointensiivisempää. Internet on muuttanut maailmaa. Yritysten ja kansakuntien kilpailuetu rakennetaan yhä enemmän tiedon ja osaamisen varaan. Uusi informaatio- ja viestintäteknologia sekä tiedon digitalisoituminen ovat lisänneet räjähdysmäisesti tiedon saatavuutta ja tarjontaa.

Tiedonkulun nopeus ja reaaliaikaisuus sekä yötä päivää auki olevat markkinat ovat lisäksi muuttaneet yritysten johtamista ja ihmisten työtä sekä sosiaalisia

suhteita. Yritysjohdo toimii finanssivetoisuuden ja tietointensiivisyyden puristuksessa. Yrityksiltä vaaditaan samanaikaisesti entistä suurempaa tehokkuutta ja entistä parempaa innovatiivisuutta – ja annetaan niihin entistä vähemmän aikaa. Kovassa kansainvälisessä kilpailussa menestymiseen ei enää riitä olemassa olevan tiedon ja osaamisen hyödyntäminen, vaan siihen tarvitaan uuden tiedon luomista ja osaamisen jatkuvaa uudistamista.

Kolmanneksi: teollisen globalisaation veturina vuosisata sitten oli Brittiläinen kansainyhteisö. Tämän päivän globalisaatiota johtaa Yhdysvallat. Nykypäivän globalisaation taustalla ovat muuttuneet voimasuhteet yrity maailman ja kansallisvaltioiden välillä. Monikansallisten yritysten voima on kasvanut, ja ne ovat yhä riippumattomampia kansallisvaltioista. Kansallisvaltioiden merkitys ei kuitenkaan ole kadonnut. Erityisesti poikkeusolosuhteissa, joissa valtioiden olemassaolo on vaarassa, valtiot näyttävät voimansa ja aktivoivat vallankäyttönsä. Merkkejä tästä on näkyvissä sekä Yhdysvalloissa että Venäjällä.

Globalisaatio tuonut mahdollisuuksia ja uhkia

Globalisaatio on merkinnyt pääomien, ihmisten ja tiedon liikkuvuuden merkittävää lisääntymistä. Tämä on avannut Suomelle ja suomalaisille yrityksille uusia mahdollisuuksia, mutta samalla se on tuonut mukanaan myös uusia ongelmia ja kasvaneita uhkia. Ihmisten lisääntynyt liikkuvuus aiheuttaa sekä kulttuurisia jännitteitä että tiedon ja osaamisen siirtoa. Monikulttuurisuus merkitsee rikasta kansainvälistä vuorovaikutusta, mutta se saattaa myös kärjistä yhteiskunnallisia ongelmia luomalla epätasa-arvoa, syrjäytymistä ja rasismia.

Globalisaatio on niin ikään synnyttänyt uusia uhkia Suomen infrastruktuurille ja turvallisuudelle. Tällaisia uhkia ovat mm. kansainvälinen, järjestäytyneet rikolli-



suus, terrorismi sekä ulkomainen omistajuus. Globalisaation kääntöpuoliin kuuluvat myös lisääntynyt ihmiskauppa ja uudenlaiset terveysriskit, kuten pandemiat. Pääomien yhteenkytkeytyminen on tehnyt Suomen taloudesta yhä haavoittuvamman ja riippuvamman maailmantaloudesta ja erityisesti Yhdysvaltain taloudesta – myös sen häiriöistä. Rajat eivät enää suojaa sen enempää kasvihuoneilmiöltä kuin kansainväliseltä finanssipääomaltakaan.

Nopeutuneen tiedonkulun ansiosta maailmalla tapahtuvat luonnonmullistukset, kriisit ja teknologiset onnettomuudet heijastuvat yhä nopeammin ja voimakkaammin myös Suomen infrastruktuuriin ja turvallisuuteen.

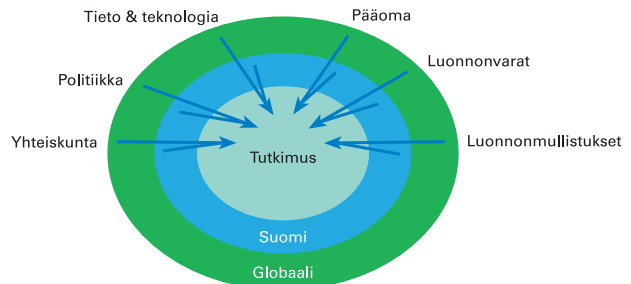
Globalisaatio on vaikuttanut Suomen ja sen naapurivaltioiden suhteisiin ja maiden keskinäiseen voimatasapainoon. Neuvostoliiton romahdettua USA:n johtava rooli maailmantaloudessa ja -politiikassa on korostunut, ja ”amerikkalaistuminen” on näkynyt monilla elämänalueilla myös Suomessa.

Globalisaation aikakaudella maailma on muuttunut entistä epävarmemmaksi, monimutkaisemmaksi ja yllätyksellisemmäksi. Tulevaisuutta on vaikea ennustaa. Globalisaation muutostrendejä on havainnollistettu kuvassa 1.

Globalisaation aiheuttamat muutokset voidaan siis tiivistää liikkuvuuden ja riippuvuuden lisääntymiseksi maapallolla. Tämä on merkinnyt valtioiden, alueiden ja yritysten voimatasapainon muutoksia maailmanlaajuisesti. Nämä muutokset vaikuttavat myös Suomeen, maan infrastruktuuriin ja turvallisuuteen, sekä edelleen Suomen tutkimus- ja innovaatiotoimintaan. Taulukossa 1 on esitetty eräitä esimerkkejä mahdollisista vaikutusketjuista.

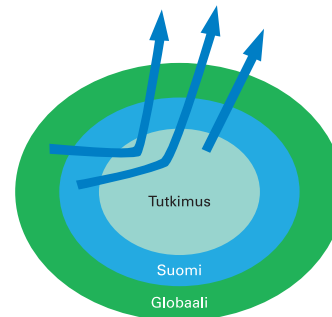
Taulukko 1 osoittaa selvästi, kuinka globalisaation nimissä tapahtuvat muutokset vaikuttavat Suomen infrastruktuuriin ja turvallisuuteen hyvinkin monella, usein keskenään ristiriitaisellakin tavalla. Esimerkiksi

Muutosvoimat



Kuva 1. Globalisaation muutostrendejä

Osaamisalueet



Kuva 2. Osaamisalueet

ihmisten lisääntyvä liikkuvuus saattaa synnyttää uusia ideoita ja käänteentekeviä innovaatioita, mutta se saattaa tuottaa myös epäluuloja, kulttuurisia yhteen-törmäyksiä ja jännitteitä. Samalla tavoin rajojen avautuminen voi vahvistaa hedelmällistä kansainvälistä vuorovaikutusta ja kanssakäymistä, mutta todennäköisesti se samalla myös lisää kansainvälisen rikollisuuden toimintamahdollisuuksia ja sisäisen turvallisuuden uhkaa.

Pääomien lisääntyvä liikkuvuus ja omistuksen kansainvälistyminen puolestaan aiheuttavat jännitteitä ja tasapainoilua kansainvälisyyden ja kansallisuuden välil-

Taulukko 1. Esimerkkejä vaikutusketjuista.

Muutostekijät	Globaali	Suomi Infrastrukturi ja turvallisuus	Tutkimus- ja innovaatiojärjestelmä
Ihmiset	Kytkentöjen lisääntyminen, liikkuvuus, eriarvoistuminen	Rikollisuus, terrorismin uhka (-), ikääntyminen, pakolaisuus (+-), kansainvälinen vuorovaikutus ja erilaisuuden hyödyntäminen (+)	Turvallisuustutkimus (safety & security)
Politiikka	Kansallisvaltioiden vaikutus heikkenee, regionalismi, yritykset vahvistuvat	(+-): Nato-jäsenyys, yrityscenttä kaksinapaistuu, valtion sääntely heikkenee, kilpailu kasvaa	Julkinen tutkimus vähenee, t&k-kilpailu globalisoituu
Tieto- ja teknologia	ICT-vallankumous jatkuu, nanoteknologia, biotieteet jne.	Infoähky, uhka osaamisen poistumisesta (-), tiedon saatavuus (+)	Individualisoituminen ja globalisoituminen alakohtaisesti
Pääoma	Finanssipääoma syrjäyttää teollisen pääoman	Huoltovarmuus heikkenee (-), ulkomainen omistus ja kvartaalikapitalismi (+-), riskipääoma saatavilla (+)	Riskipääomasijoittaminen (+), perustutkimus syrjäytyy (-), yliopistot yritysmäistävät
Luonnonvarat	Vähentyminen (öljy) tai riittävyys uhattuna (vesi)	Energian saanti varmistettava, vesi riittää (+)	Säästävän teknologian innovaatiot
Luonnonmullistukset	Säätilahäiriöt (kasvihuoneilmiö)	Otsoniriskit kasvavat, kasvihuoneilmiö, Golf-virtariski	Puhtaan teknologian, lääketieteen jne. innovaatiot

lä. Toisaalta on välttämätöntä osallistua kansainväliseen kehitykseen ja kiristyvään kansainväliseen kilpailuun. Osanotto on voittamisen tärkeä edellytys, vaikka häviöt tulevat entistä todennäköisemmiksi. Toisaalta yhä syvenevä kansainvälisyys kaventaa kansallisia etuja ja estää niiden yksipuolisen ajamisen. Kilpailun laajeneminen ja kiristyminen asettavat yrityksille jatkuvia paineita toiminnan tehostamiseen. Kilpailussa menestyvät yritykset, jotka joustavasti siirtelevät tuotantoa ja tuotantolaitoksia paikasta toiseen ja pystyvät samanaikaisesti innovaatioihin. Globalisaation tehopurituksessa maapallon luonnonvarat ehtyvät kiihtyvää vauhtia, mikä toisaalta lisää vaihtoehtoisin materiaaleihin ja korvaaviin raaka-aineisiin kohdistuvan tutkimuksen tarvetta..

Globalisaatiota tuskin voidaan pysäyttää, mutta tarve sen vaikutusten ymmärtämiseen ja sen tuottamien uusien ongelmien hallintaan kasvaa. Globalisaatio merkitsee teollisen työvoiman vähenemistä ja informaatioteknologian vaikutusten syvenemistä. Yritykset tuottavat yhä korkeammin jalostettuja tuotteita ja yhä täsmällisemmin asiakkaille räätälöityjä palveluja. Aivotyö lisääntyy, ja paikalliset ja kansalliset siteet yritysten ja niiden kotivaltioiden välillä höltyvät. Ihmiset kokevat näiden muutosten keskellä hämmennystä ja hätää. Yhteiskunnista on tullut herkkiä ja haavoittuvia.

Meneillään olevat muutokset voidaan nähdä myös mahdollisuuksina, joihin voidaan reagoida menestyksellisesti perinteisiä suomalaisia vahvuuksia hyödyntäen ja uusia vahvuuksia kehittäen. Suomi on pieni maa,



jonka resurssit ovat rajalliset. Suomella ei ole etunaan laajoja markkinoita, suurta kansallisvarallisuutta tai laajaa työvoimareserviä. Sen menestymisen mahdollisuudet tulevaisuudessa perustuvat koulutuksen, tutkimuksen ja osaamisen korkeaan tasoon sekä kykyyn rakentaa eri toimijoiden välistä yhteisymmärrystä ja siihen perustuvaa yhteistä kansallista linjaa. Pienenä maana Suomi ei voi olla kaikessa maailman paras. Turvatakseen menestyksensä sen on valikoidusti panostettava uuteen osaamiseen laiminlyömättä vanhoja perinteisiä osaamisalueitaan.

Osaamisalueet

Mihin Suomen tulisi panostaa nyt?

Sodanjälkeisen Suomen elintaso ja infrastruktuuri perustuivat suurelta osin korkeatasoiseen teknologiaosaamiseen. Valtiojohtoisessa, tuotantosuuntautuneessa sääntelytaloudessa tämä saattoi olla riittävää kansallisen kilpailuedun saavuttamiseksi. Avoimessa kilpailutaloudessa menestymiseen tarvitaan kuitenkin monipuolista osaamisprofiilia. Suomen täytyy muuntaa moniottelijaksi.

Teknologiaosaamisen rinnalla tarvitaan hyvätaisoista markkinointi-, liiketoiminta- rahoitus- ja investointiosaamista sekä institutionaalista osaamista.

Kansallisen innovaatiojärjestelmän vahvistaminen edellyttää teknologiaosaamisen ohella panostuksia markkinointiin, asiakkuuksien hallintaan, markkinaoperaatioiden läpivientiin ja innovaatioiden kaupallistamiseen. Liiketoimintaosaaminen, kuten teknologiaosaaminenkaan, ei synny käden käänteessä. Panosten kypsyminen vie aikaa.

Millaista osaamista nykyisen infrastruktuurin häiriötön toiminta, sen ajan tasalla pitäminen ja uudistaminen edellyttävät? Millaiseen osaamiseen, tuotekehitykseen ja tutkimukseen meidän tulisi panostaa, jot-

ta tulevaisuuden tarpeet ja haasteet voitaisiin menestyksellisesti kohdata?

Paneelin vastaukset edellä esitettyihin kysymyksiin on koottu taulukkoon 2.

Taulukon 2 vasemmassa sarakkeessa on esitetty keskeisimmät parhaillaan käynnissä olevat muutokset. Ne koskevat väestörakennetta, yritys rakenteita, ekologista ympäristöä sekä Suomen lähialueilla tapahtuvia muutoksia. Näistä muutoksista on johdettu sovellutusalueita, joiden hallinnassa tarvitaan tietoa ja osaamista. Väestörakenteen muutos korostaa ikääntyvän väestön merkitystä, sitä palvelevan infrastruktuurin kehittämistarpeita ja uusien yhdyskuntasuunnitteluratkaisujen välttämättömyyttä. Yritysten rakenteelliset muutokset asettavat uusia haasteita kansakunnan logistiikan häiritsemättömälle toiminnalle, huoltovarmuuden varmistamiselle sekä uusien pelisääntöjen omaksumiselle. Ympäristön ekologiset muutokset synnyttävät uusia teknologisia innovaatiotarpeita ja ympäristöosaamisen kehittämishaasteita. Lähialueilla tapahtuvat muutokset vaikuttavat puolestaan välittömästi Suomen energiahuoltoon ja edelleen kansakunnan sisäiseen ja ulkoiseen turvallisuuteen.

Edellä mainitut sovellutusalueet sisältävät lukuisia toiminnallisia osaamistarpeita. Monet niistä liittyvät olemassa olevan teknologian kehittämiseen ja nykyisen teknologiaosaamisen vahvistamiseen. Tämän lisäksi ne korostavat sosiaalisten taitojen ja innovaatioiden merkitystä uusissa olosuhteissa.

Viimeiseen sarakkeeseen oikealle on koottu joukko uusia osaamisalueita, joilla osaamisvajetta näyttää Suomessa olevan ja joilla osaamisen kehittäminen tuntuu välttämättömältä. Tällaisia osaamisalueita ovat mm. menetelmä-, johtamis-, omistus- ja kulttuuriosaaminen. Ne ovat alueita, joista suomalainen innovaatiojärjestelmä ei ole maailmalla tunnettu ja joissa esiintyy ilmeisiä puutteita.

Taulukko 2. Paneelin vastaukset

Keskeiset muutostekijät	Sovellusalue	Edellytykset / toiminnalliset tarpeet	Kohdistus-/osaamisvaje
<ul style="list-style-type: none"> • Väestö rakenne muuttuu • Yritysten rakennemuutokset • Ekologisen ympäristön häiriöt voimistuvat • Turvallisuuden ja huoltovarmuuden kysyntä kasvaa • Venäjän mahdollisuudet ja uhat 	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastruktuurin ylläpito • Logistiikka • Säästävä, erityisesti energiapihi, teknologia • Ympäristöteknologia • Ilmastonmuutosten ennakointi • Ikääntymisen teknologia • Yhdyskuntasuunnittelu • Yhteiskunnan turvallisuus • Venäjän-kauppa 	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologia <ul style="list-style-type: none"> – ICT – telematiikka – mittaustekniikka – sensorit – systeemiarkkitehtuuri • Sisäinen integroituminen (ml. UM) • Integraatiotuotteet • Toimintavarmuus & tehokkuus (suljettu vs. avoin systeemi) 	<ul style="list-style-type: none"> • Menetelmä- ja management-osaaminen <ul style="list-style-type: none"> – riski- ja luotettavuusanalyysit – vikadiagnostiikka – prosessien simulointi ja ohjaus – päätöksenteon simulointi – integraatio-osaaminen – pitkän ja lyhyen aikavälin hyötyjen/haittojen analysointi (kestävyys, diversifikaatio, riskit) • Omistajuusstrategiat • Monikulttuurisuuden hallinta • Ad hoc -elintarviketuotanto jne. • Konfliktin tutkimus & kognitiivinen tutkimus • Kestävät materiaalit

Eturintamaan pääsy näillä uusilla osaamisalueilla ei luonnollisestikaan tule olemaan helppoa. Uuden oppiminen vie aikaa ja vaatii kärsivällisyyttä. Perusosaaminen hankitaan tavallisesti jättitelemällä muita. Näin syntyneitä osaamista pyritään sitten syventämään omaehtoisen, kokemusperäisen oppimisen kautta. Maailmanluokan huippuosaamisen saavuttamiseen tarvitaan kuitenkin paljon harjoittelua, luovaa innovatiivisuutta ja rakenteita muuttavaa osaamista.

Infrastruktuuriin ja turvallisuuteen liittyvä paras osaaminen leviää globalisaation aikakaudella nopeasti ympäri maailmaa. Asiantuntijat osoittavat pysyvänsä ajan tasalla, kun he omaksuvat nopeasti uusia tekno-

logioita, oppeja ja liiketoiminnallisia käytäntöjä. Palvelututkimuslaitokset, konsultit sekä media- ja koulutusyritykset lisäävät omalta osaltaan osaamisen kiertonopeutta. Muotioppien ja uusien liikkeenjohdollisten työkalujen ja teknologioiden opetteleminen antaa kielämättä virikkeitä operatiivisen osaamisen ylläpitoon ja olemassa olevien työprosessien kehittämiseen. Organisaatioissa opitaan käsittelemään infrastruktuuriin liittyviä ongelmia ja häiriöitä uudella tavalla. Tällainen osaaminen kuitenkin harvoin riittää pysyvän kilpailuedun rakentamiseen. Siihen tarvitaan ainutkertaisen, ei-matkittavan moniosaamisen kehittämistä.



Vanhoja ja uusia osaamisalueita kehitettävä

Turvatakseen menestyksensä tulevaisuudessa Suomen on panostettava tutkimus- ja kehitystoimintaan infrastruktuuri- ja turvallisuuskysymyksissä. Tämä edellyttää sekä vanhojen osaamisalueiden vahvistamista että uusien osaamisalueiden harkittua ja valikoitua kehittämistä.

Periaatteessa osaamisen kehittäminen voi tapahtua neljällä eri tavalla, jotka ovat

1. olemassa olevan osaamisen kehittäminen nykyisillä osaamisalueilla (keinot: nykyisen osaamisen trimmaus ja hienosäätö)
2. uuden osaamisen kehittäminen nykyisillä osaamisalueilla (keino: löytöretkeily nykyisen osaamisen lähialueilla)
3. olemassa olevan osaamisen siirtäminen uusille osaamisalueille (keino: uusien sovellutusalueiden hyödyntäminen)
4. uuden osaamisen luominen uusille osaamisalueille (keino: käännteentekevän osaamisen keksiminen).

Suomessa on runsaasti infrastruktuurin kehittämiseen ja turvallisuuteen liittyvää osaamista, mutta se on hajallaan, pirstoutuneena moneen eri paikkaan. Tämän


osaamisen yhteenkokoaminen ja osaajien välisen yhteistyön kehittäminen on ensiarvoisen tärkeää.

Nykyisen infrastruktuurin häiriöttömän toiminnan takaava kunnossapito- ja ylläpito-osaaminen on kaiken kehittämistyön perusta. Suomessa on myös korkeatasoista teknologiaosaamista: mm. sensoriosaamista, riski- ja luotettavuusanalyysiosaamista, modernin vika diagnostiikan hallintaosaamista sekä prosessien simulointi- ja ohjausosaamista. Näiden kehittelyä ei pidä laiminlyödä. Tälle osaamiselle voidaan myös helposti löytää uusia sovellutusalueita turvallisuuden vahvistamiseksi. Osaamista voidaan käyttää räjähdysaineiden tunnistamiseen ja liikenneturvallisuuden parantamiseen.

Monikulttuurisuuden hallinta on esimerkki osaamisalueesta, jossa Suomessa on tarvetta uuden osaamisen kehittämiseen. Monikulttuurisuuden hallintaa ei perinteisesti ole pidetty suomalaisena vahvuusalueena, vaikka diplomatian alueella suomalaista konfliktien ratkaisuosaaamista arvostetaan. Maahanmuuton yleistyminen on lisännyt työvoiman monikulttuurisuutta myös Suomessa. Uutta osaamista olisi paneelin mielestä synnyttävä innovatiivisella liikkeenjohto- ja käyttäytymistieteellisellä tutkimuksella, joka kohdistuisi mm. monikulttuuristen pienryhmien ja projektien

Osaaminen	uusi	Uuden osaamisen kehittäminen nykyisillä osaamisalueilla (ympäristöosaaminen)	Uuden osaamisen luominen uusille osaamisalueille (integraatio-osaaminen, uudet ajattelumuodot)
	vanha	Olemassa olevan osaamisen kehittäminen nykyisillä osaamisalueilla (menetelmä- ja infrastruktuurin ylläpito-osaaminen)	Olemassa olevan osaamisen siirtäminen uusille osaamisalueille (ihminen-kone-osaaminen, monikulttuurisuuden hallinta, huoltovarmuus)
		vanha	uusi
		Osaamisalueet	

Kuva 3. Vanhojen ja uusien osaamisalueiden kehittäminen



johtamisongelmiin. Samalla voitaisiin luoda uutta osaamista yhdistämällä olemassa olevaa diplomatia-osaamista ja yritysten henkilöstöjohtamisosaamista.

Suomalaista osaamista modernin teknologian haavoittuvuusarvioinnissa tulisi myös siirtää tietoverkkojen ja laajojen järjestelmien riskianalyysiin. Myös sensoriosaaminen, ympäristön monitorointi- ja analyysitaidot, prosessien täsmäohjausosaaminen sekä jakelujärjestelmien kehittämisosaaminen ovat esimerkkejä siitä, millaista olemassa olevaa osaamista voidaan siirtää uusille alueille.

Väestön keski-ikä nousu edellyttää osaamisen kehittämistä yhdyskuntasuunnittelussa ja innovatiivisuutta palvelujen tuottamisessa. Ihminen-kone-vuorovaikutuksen ymmärtäminen nousee merkittäväksi yhteiskunnalliseksi haasteeksi. Myös olemassa olevaa teknologista osaamista voidaan hyödyntää palvelusektorilla. Käytettävyytutkimuksen merkitys kasvaa.

Kylmän sodan aikakausi on ainakin toistaiseksi historiaa. Suurvalta- tai ydinsodan aiheuttama uhka Suomen turvallisuudelle on vähentynyt, mutta ei poistunut. Uusia uhkia on sen sijaan nousemassa. Tällaisia ovat terrorismi, rajat ylittävä rikollisuus ja tietoverkko-terrorismi

Viimeksi kuluneiden 10–15 vuoden aikana monet suomalaiset yritykset ovat siirtyneet ulkomaisen omistukseen. Myös tästä on muodostumassa uusi uhka kansakunnan huoltovarmuudelle ja hyvinvoinnille, erityisesti kriisitilanteessa. Ulkomaalaisomistuksessa olevissa yrityksissä päätökset tehdään muualla kuin Suomessa, ja päätöksenteossa tuskin korostuvat Suomen edut. Tämänkaltaisten uusien ilmiöiden ymmärtäminen vaatii uutta osaamista, kansainvälisen finanssiarkkitehtuurin ja erilaisten sijoittajien vaikutus- ja toimintalogiikkojen tuntemusta. Kansallisen omistajuusosaamisen kehittäminen olisi kansakunnan huoltovarmuuden ja turvallisuuden näkökulmasta ensiarvoisen tärkeää.

Suomen turvallisuutta koskevan osaamisen kehittämisessä Venäjä-tutkimus on edelleen keskeistä.

Infrastruktuuri ja turvallisuus ovat ilmiöitä, joiden kehityksen ymmärtäminen edellyttää monimutkaisten riippuvuuksien tunnistamiskykyä ja radikaaleja innovaatioita. Ongelmat ovat monitieteisiä ja vaativat uusia ajatteluvälmiuksia. Perimmältään on kyse ihmisen käyttäytymisen ja kognitiivisten toimintojen uudelta ymmärtämisestä. Tämä saattaa edellyttää eri tieteiden välistä uudentyypistä yhteistyötä ja siihen perustuvaa tieteiden integrointia innovatiivisella tavalla.

Informaatioteknologian, robotiikan ja bioteknologian kehittyminen muuttaa käsitystämme niin ihmisestä kuin koneestakin. Ihminen saa jatkeekseen älykkeitä komponentteja, ja tietojärjestelmiin voidaan sijoittaa biologisia osia. Genetiikka ja geenimanipulaatio mahdollistavat uudenlaiset täsmälääkkeet ja jopa perimän muuntelun (ns. *genetic engineering*). Yksi keskeinen kysymys on tällöin, miten ihminen sopeutuu suuriin ja nopeisiin muutoksiin. Myös eettiset kysymykset kaipaavat ratkaisua. Suomessa on vahvaa tietoteknistä ja aivotutkimuksen osaamista, jota voitaisiin hyödyntää. Tämä edellyttää kuitenkin tämän tutkimuksen parempaa koordinoimista sekä ihmistieteiden ja luonnontieteiden välisen, osin keinotekoisien kuilun silloittamista. Suomessa ihmisillä on keskimäärin varsin hyvä kielitaito. Tätä kieliosaamista voitaisiin kenties kehittää innovaatiotuotteeksi.

Millainen kehitys on mahdollinen?

Millaiselta Suomi näyttää kymmenen vuoden kuluttua infrastruktuurin ja turvallisuuden näkökulmasta? Ennustaminen edes näin lähelle on vaikeaa ja epäkiitollista. Tulevaisuus ei ole valmiina odottamassa meitä. Se muuttuu matkalla; siihen vaikuttavat monet sisäiset ja ulkoiset tekijät, ja lisäksi mukana ovat sattuma ja onni. Myös osaaminen saattaa olla ratkaisevassa



asemassa. Millaista osaamista häiriöitä ja turvattu-
muutta lisäävän kehityksen torjumiseen tarvitaan?
Millaista osaamista suotuisan kehityksen
aikaansaaminen edellyttää?

Perustavoite seuraavaksi vuosikymmeneksi on nykytilanteen säilyttäminen tai jopa sen parantaminen siten, että hyödynämme muutosten avaamia mahdollisuuksia. Tämä merkitsee ensinnäkin olemassa olevan infrastruktuurin kunnossapitoa, sen puutteiden jatkuvaa valvontaa ja rakenteen pitämistä ajan tasalla. Samoin on tarpeen varautua globalisaation edellyttämiin infrastruktuurin uudistuksiin ja turvallisuushkiin. Kertakäyttöistyvissä maailmassa olemassa olevat rakenteet ja toimintatavat vanhenevat nopeasti.

Suomen infrastruktuuri ja turvallisuus kehittyvät finanssivetoisuuden ja tietointensiivisyyden puristuksessa. Finanssivetoisuus merkitsee ylikansallisten tehokkuuspaineiden kasvua. Vastapainoksi tarvitaan kärsivällistä osaamisen kehittämistä ja uuden tiedon tuottamista.

Kehitys tästä eteenpäin voi periaatteessa kulkea kolmella eri tavalla:

1. Infrastruktuurihäiriöt voivat kasvaa ja laajentua ja turvattomuus lisääntyä
2. Nykyinen häiriöalttius säilyy ennallaan
3. Infrastruktuurihäiriöt voivat vähentyä, infrastuktuurin toimivuus parantua ja turvallisuus entisestään vahvistua.

Mikäli Suomi kymmenen vuoden kuluttua on nykyistä turvallisempi ja infrastruktuuriltaan toimivampi yhteiskunta, kehitys edellyttää sitä, että valtio säilyy taloudellisesti ja henkisesti vahvana, ja että se osaa viisaasti käyttää vahvuuttaan. Siihen tarvitaan myös yritysten taholta uudenlaista yhteiskunnallista vastuuta ja liiketoiminnan eettisten ja ekologisten periaatteiden noudattamista. Tehokkuuden kautta vaurastumi-

sella on rajansa. Ne tulevat vastaan, kun tehokkuuden yksipuolinen korostaminen kuluttaa loppuun uusiutumattomia luonnonvaroja, aiheuttaa terveydellisiä haittoja, siirtää tuotantolaitoksia alhaisten rajoitusten maihin tai aiheuttaa onnettomuuksia ja ihmisten kulumista. Ylikansallisissa tehokkuuspaineissa Suomen talous joutuu helposti ylikierroksille, mikä saattaa rikkoa sen moottorin ja viedä Suomen ulkoisten voimien armoille.


Jos tämä onnistutaan välttämään, ja pystytään keskittymään kestävään, pitkän aikavälin varallisuuden ja hyvinvoinnin luomiseen, Suomen turvallisuus mitä todennäköisimmin kehittyy myönteisesti seuraavan kymmenen vuoden aikana.

Osaamisella voidaan vaikuttaa tulevaisuuteen

Suomi on pieni maa, jonka resurssit ovat rajalliset. Turvatakseen menestyksensä myös tulevina vuosina Suomen on panostettava osaamiseen sekä tutkimus- ja kehitystoimintaan. Tämä on tehtävä valikoidusti vanhoja osaamisalueita vahvistaen ja uusia osaamisalueita harkitusti ja fokusoidusti kehittäen. Menestys tulevaisuudessa perustuu kansakunnan kykyyn tuottaa uusia ideoita, tuotteita ja toimintatapoja sekä käyttää näin luotua osaamista muita kansakuntia paremmin. Suomenkin on pystyttävä kääntämään toimintaympäristön uhat mahdollisuuksiksi, mahdollisuudet uudistuksiksi ja uudistukset tuotannollisiksi ja sosiaalisiksi innovaatioiksi.

Suomen taloudellinen menestys kytkeytyy myös maan turvallisuuskysymyksiin. Taloudellisesti ja henkisesti vahva kansakunta pystyy vahvistamaan omaa turvallisuuttaan. Taloudellisesti heikko kansakunta jää helposti muiden voimien armoille.

Moderni yhteiskunta on tullut herkäksi ja haavoituttavaksi. Ilman sähköä ja tietotekniikkaa mikään ei toimi.



Rajat eivät enää suojaa ulkoisilta uhkilta. Kielimuurit ovat madaltuneet. Huoltovarmuudesta kaikissa olosuhteissa on tullut yksi keskeisimmistä kehityskohdeista ja osaamisen mittareista. Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaaminen asettaa entistä suurempia vaatimuksia yritysten toiminnalle sekä yritysten ja valtiovallan välisille suhteille erityisesti kriisiolosuhteissa. Kriittisen ydinosaamisen pitäminen suomalaisten omassa hallinnassa ja omistuksessa on ensiarvoisen tärkeää. Vasta sen kautta tulee mahdolliseksi tiettyjen osaamisalueiden ulkoistaminen tai harkintaan perustuva tiettyjen osaamisalueiden osto tai hankinta ulkomailta.

Kansallisen ydinosaamisen fokuksen tulee olla ns. keihäänkärkiosaamisessa, jonka vaatimustaso on korkea, mutta laajuus rajallinen. Tämä edellyttää valtiovalan, yritysten sekä koulutus- ja tutkimuslaitosten yhteistyötä ja toiminnan suuntaamista tavoitetta tukevalta tavalla. Ilman resurssien kohdentamista mahdollisuudet kilpailla muiden osaamista tarjoavien maiden kanssa ovat rajalliset. Pyrittäessä osaamisen volyyminvientiin yritysten rooli on ratkaiseva.

Ehdotukset jatkokehittelyyn

Infrastruktuurit ja turvallisuus -paneelin suosittelemia osaamisalueita ovat seuraavat:

1. **Ympäristöosaaminen ja -teknologia.** Suomessa on kansainvälisesti erittäin korkeatasoista ekologista osaamista. Suomen karu ja haavoittuva luonto, hyvä sijoittuminen kestävän kehityksen tilastoissa sekä näkyvä profiloituminen tietoteknologiassa tekevät mahdolliseksi kehittää huipputason osaamista edelleen ja olla merkittävä huipputeknologian viejä.
2. **Logistinen osaaminen ja huoltovarmuuden hallinta.** Laajana, harvaan asuttuna, raaka-aineista ja energian tuonnista riippuvana maana Suomen tulee hallita hyvin logistiikkansa, ad hoc -elintarviketuotantonsa sekä korvaavien raaka-aineiden kehittelynsä. Näitä tavoitteita tukee sekin, että säästäviä teknologioita pyritään kehittämään edelleen.
3. **Yritysten ulkomaisen omistuksen voimakas kasvu,** mm laivojen runsas ulosliputtaminen, on viime vuosina aiheuttanut uusia uhkia yhteiskunnan huoltovarmuudelle. Suomen on lisättävä omistamiseen ja kansainväliseen sijoittamiseen ja sijoittajakäyttäytymiseen liittyvää tutkimusta. Näin se pääsee kehittämään uutta kansallista omistajastrategiaa ja -osaamista.
4. **Monikulttuurinen osaaminen.** Maahanmuuton lisääntyessä ja väestön ikääntyessä väestörakenteen hallintaongelmat nousevat keskeiseksi osaamisalueeksi. Monikulttuurisuuden lisääntyminen edellyttää uusia johtamiskäytäntöjä, vieraiden kulttuurien tuntemusta sekä taitoa ymmärtää ja hyödyntää erilaisuutta. Väestön ikääntyminen luo uusia haasteita terveydenhuolto-osaamiselle ja yhdyskuntasuunnittelulle. Ikääntyvää väestöä palvelevan infrastruktuurin – tai yleisemmin ihmisen-kone-vuorovaikutuksen – ymmärtäminen tulee keskeiseksi yhteiskunnalliseksi haasteeksi. Väestöpyramidimme vinoutuminen edellyttää uutta osaamista, omien uusien ratkaisujen kehittelyä, joka voi avata myös uudenlaisia vientinäköymiä.
5. **Integraatio-osaaminen.** Infrastruktuurin hallinta ja kehittäminen tulevaisuudessa edellyttää syytemisten riippuvuuksien ymmärtämistä, monitieteellisyttä ja laajojen kokonaisuuksien hallintaa. Projektijohtamisen yleistymisen merkitsee väliaikaisen ja kertakäyttöisten työjärjestelyjen lisääntymistä ja hierarkkisten rakenteiden murtumista. Maailmanlaajuisten toiminnallisten kokonaisuuksien rakentamis- ja johtamisosamisesta tulee olemaan



kasvava kysyntä. Tämä edellyttää ja kehittää konfliktien hallintaosaamista. Pienenä sitoutumattomana maana Suomen on mahdollista viedä tätä osaamista myös muihin maihin ja kehittää sen avulla samalla omaa turvallisuuttaan.

6. **Menetelmäosaaminen.** Keihäänkärkiajattelua tukeva fokuusoituminen mm. mittaamiseen, diagnostiikkaan, sensoreihin, numeerisiin menetelmiin ja ICT:hen avaavat näköaloja turvallisuusongelmien uusiin ratkaisuihin sekä infrastruktuurin toimivuuden turvaamiseen.
7. **Venäjä-osaaminen.** Suomen infrastruktuuri ja turvallisuuskysymykset riippuvat lähitulevaisuudessa Venäjältä ja sen taloudellisesta kehityksestä. Mm. Suomen energiahuolto ja sitä kautta infrastruktuurin toimivuus riippuvat öljyvaltio-Venäjän voimistumisesta. Toisaalta Venäjä yhtenä BRIC-maana (Brasilia, Venäjä, Intia, Kiina) on edelleen vain pieneltä osin hyödynnetty liiketoimintamahdollisuus. Infrastruktuuriosaamisen vienti Venäjälle on samalla oman infrastruktuurimme kehittämistä.

Osaamisalueosoituksemme painottaa kansallisen turvallisuuden ja vientipotentiaalin kannalta merkittäviä alueita. Suomen Akatemian ja Tekesin tuen lisäksi on tärkeää, että myös muu Suomen valtion toiminta tukee näiden osaamisalueiden kehittämistä. Koulutuksen, tutkimuksen, kovan ja pehmeän vientituen ja yritystoiminnan tulee pyrkiä samaan strategiseen suuntaan. Resurssien optimoinnissa on paljon tehtävää.

Pienelle maalle korkeatasoinen osaaminen on elintärkeää. Tämä asettaa suuria vaatimuksia koulutuksen ja tutkimuksen riittävyydelle ja tasolle. Infrastruktuuriosaamista on syytä kehittää monella eri tavalla samanaikaisesti. Vanhan rakennuskannan ylläpito-osaaminen on yhtä tärkeää kuin uusien keksintöjen aikaansaaminen.

Yhteen hiileen puhaltaminen on merkittävä osa "suomalaisuutta" ja suomalaista yhteisöllistä osaamista. Sitä täytyy vaalia ja hyödyntää. Sen avulla voidaan tunnistaa turvallisuusuhkia ja -mahdollisuuksia sekä suunnata tutkimus- ja kehitystyötä tärkeille infrastruktuurin kehittämisaueille.



6. Bio-osaaminen ja -yhteiskunta

Puheenjohtajat

Juha Koivurinta, Fibrogen Europe Oyj

Merja Penttilä, VTT

Panelistit

Dennis Bamford, Helsingin yliopisto

Samuel Kaski, Teknillinen korkeakoulu

Risto Lammintausta, Hormos Medical Oy

Eero Nissilä, Boreal Kasvinjalostus Oy

Leena Paavilainen, Metsäntutkimuslaitos Metla

Tapio Palva, Helsingin yliopisto

Mart Saarma, Helsingin yliopisto, Biotekniikan instituutti

Matti Sarvas, Kansanterveyslaitos

Tuomas Tenkanen, Finnzymes Oy

Atte von Wright, Kuopion yliopisto



Muutostekijät

Pyrkimys kestäväan kehitykseen voimistuu

Pyrkimys kestäväan kehityksen mukaiseen bioyhteiskuntaan voimistuu, ja tämän pyrkimyksen vaikutukset näkyvät monilla eri aloilla. Hiilidioksidipäästöt, osin niistä johtuva ilmastoin lämpeneminen ja ilmastollisten ääri-ilmiöiden lisääntyminen sekä fossiilisten luonnonvarojen saatavuuteen liittyvät uhat ovat luoneet vahvan maailmanlaajuisen trendin panostaa biopohjaisiin uudistuviiin luonnonvaroihin. Tämän trendin vaikutukset näkyvät prosessikehityksessä; paineet ympäristöystävällisten prosessien kehittämiseen lisääntyvät. Vaikutukset näkyvät energiantuotannossa, joka käyttää yhä enemmän biomassaa. Biopolttoaineiden käyttö liikenteessä lisääntyy, ja niiden tuottoa varten kehitetään tehokkaampia prosesseja. Biomassan kokonaiskäyttöön tullaan kiinnittämään yhä suurempaa huomiota ja hyödyntämään massan eri komponentit mahdollisimman kilpailukykyisten ja kestäväan kehityksen mukaisten tuotteiden valmistamisessa.

Suomella on vahva asema metsävarojen hyödyntäjänä ja sitä kautta korkeatasoinen osaaminen biomassan käytössä myös suuressa mittakaavassa. Metsäteollisuuden kilpailukyky pitkällä tähtäyksellä edellyttää, että ympäristönsuojeluun liittyviin haasteisiin vastataan käyttäen hyväksi myös uusimman biotekniikan tuomia mahdollisuuksia. Vähemmän energiaa kuluttavat prosessit, biomateriaalin tehokkaampi kokonaiskäyttö sekä syntyneiden jätteiden entistä parempi puhdistaminen ovat esimerkkejä alueista, joilla kehitystä tapahtuu varmasti.

Energialaous on murrosvaiheessa, kun fossiilisten polttoaineille etsitään aktiivisesti vaihtoehtoja. Uusiutuvat biomassaan perustuvat energianlähteet kuten bioetanoli ja biodiesel ovat varteenotettavia vaihtoehtoja tulevaisuudessa ja osittain jo nyt. Uuden biotek-

niikan keinoin mm. bioetanolin tuotantoa voidaan merkittävästi tehostaa. Myös biomassan polttoarvoa voidaan nostaa esimerkiksi perinteisen jalostuksen keinoin tai kasveja geneettisesti muokkaamalla. Kasvi- biotekniikan mahdollisuudet ulottuvat kuitenkin kaunmas tulevaisuuteen kuin nyt tarkasteltava kymmenen vuoden perspektiivi. Myös kasvien muokkaamista koskeva eettinen keskustelu vaikuttaa voimakkaasti uusien, bioteknologisilla menetelmillä muokattujen kasvien käyttöön.

Pyrkimys kestäväan kehitykseen näkyy myös siinä, miten erilaisia kemiallisia prosesseja korvataan biologisilla prosesseilla. Näin päästään eroon haitallisten aineiden käytöstä. Sen lisäksi, että nykyisiä kemikaaleja voidaan tuottaa ympäristöystävällisemmin, myös kokonaan uusien materiaalien tuotanto tulee mahdolliseksi. Tämä avaa aivan uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Suomi on markkina-alueena pieni, mutta se voi olla merkittävä korkeatasoisen bioteknologisen tuotannon ja kehitystyön sijoituspaikka. Esimerkkinä voidaan mainita teollisuusentsyymit, joiden tuotannosta edelleen merkittävä osa on Suomessa.

Tieto lisääntyy nopeasti

Bioalueen tutkimus on hyvin intensiivistä kaikkialla maailmassa, ja panostukset monissa maissa ovat erittäin suuret. Tiedon räjähdysmäinen kasvu, sen globaali saatavuus ja monimutkaiset vuorovaikutussuhteet lisäävät tarvetta jäsentää ja ymmärtää tietoa aivan uudella tavalla. Tämä trendi tulee vain kiihtymään. Uusien tietoteknisten menetelmien käyttö tulee välttämättömäksi, kun uutta tietoa pyritään hyödyntämään.

Kyky käyttää tietoa on muodostumassa merkittäväksi kilpailutekijäksi. Tiedon ja tietomassojen välisten interaktioiden mallinnus ja mallintamiseen perustuva ennustaminen lisääntyvät, kuten systeemiajattelu yleensäkin. Uuden tiedon ymmärtäminen ja hyödyntäminen edellyttää korkeatasoista perustutkimusta sekä



tehokasta verkottumista maailman johtavien tutkimuslaitosten kanssa.

Avainkysymykseksi muodostuu uuden tiedon soveltaminen. Tämä edellyttää moni- ja poikkitieteellisyttä, jossa bio-osaajien rinnalla toimii osaajia eri sovellutusaloilta. Korkeakoulujen jäykät tiedekuntarakenteet sekä erityisesti puuttuvat rakenteet tutkimustiedon soveltamiseksi saattavat haitata tiedon tehokasta hyödyntämistä. Läheinen yhteistyö teollisuuden (soveltajien) ja tutkijoiden välillä on välttämätöntä.

Yhdysvaltain johtava asema uuden tiedon tuottajana on kiistaton, ja tilanne jatkuu tällaisena varmasti vielä pitkään. Kuitenkin muun muassa Aasian maat investoivat tällä hetkellä voimakkaasti biotekniikkaan, ja tämä saattaa avata uusia yhteistyömahdollisuuksia sellaisten maiden kanssa, joissa markkina-alueet ovat valtavia.

Väestön ikääntyminen luo haasteita terveydenhuollolle

Väestön ikääntyminen ja eliniän pidentyminen luovat uusia merkittäviä haasteita terveydenhuollolle. Joihinkin näistä haasteista voidaan vastata uuden biotekniikan tarjoamin keinoin. Kun tietämys ihmisen elintoinnoista ja sairauksien syntymekanismeista lisääntyy, tulee mahdolliseksi parantaa elämän laatua ravitsemuksellisten ja profylaktisten (ennalta ehkäisevien) toimien avulla.

Jos uusia mahdollisuuksia halutaan hyödyntää siten, että maksajana on yhteiskunta, panos-hyötysuhdetta on ensin tarkasteltava huolellisesti. Kasvava vanheneva väestö on kiinnostunut terveyden ja sairauksien hoidosta, mikä kasvattaa näiden asioiden suhteellista merkitystä yhteiskunnassa. Myös ihmiset itse haluavat panostaa terveyteensä. Kun arvioidaan bioteknologian suomia uusia mahdollisuuksia terveydenhuollon kulujen minimoinnissa, nämä molemmat osa-alueet on ymmärrettävä hyvin.

Uusien lääkkeiden kehittäminen on erittäin pitkäkestoista ja kallista toimintaa, ja Suomessa resurssit ovat kansainvälisessä mittakaavassa pienehköt. Uudet diagnostiset menetelmät ja niihin liittyvät täsmälääkkeet voivat tarjota rajallisia mahdollisuuksia. Diagnostiikka kehittyy, ja kun sairauksien syntymekanismit tunnetaan ja altistus voidaan todeta aikaisessa vaiheessa, profylaktinen hoito on mahdollista yhä useammassa tapauksessa. Uusi tieto saattaakin olla kaupallistettavissa ensin diagnostisina sovellutuksina.


Ravitsemuksen terveysvaikutuksia ymmärretään vastaisuudessa paljon nykyistä paremmin. Tämä mahdollistaa uusien ravintovalmisteiden tai niiden komponenttien kehittämisen. Ravinnosta saattaa muodostua merkittävä terveysongelmien ennaltaehkäisy muoto.

Euroopassa asennoidutaan muuntogeenisiin elintarvikkeisiin ja kasveihin voimakkaan torjuvasti. Tämä vähentää mahdollisuuksia hyödyntää biotekniikkaa maataloudessa ja kehittää uusia elintarvikkeita tätä kautta. Eurooppa onkin jäämässä muuntogeenisten elintarvikkeiden ja kasvien kehityksessä jälkeen Yhdysvalloista ja Aasian maista. Jos kuluttajille olisi tarjolla sovelluksia, jotka tuottavat selvää lisäarvoa, asenteet saattaisivat muuttua. Panostaminen muihin muuntogeenisten kasvien tuotteisiin kuin ravintoon (vihreät kemikaalit, bioenergia ym.) voisi myös johtaa asenteiden nopeampaan muuttumiseen.

Kilpailu innovaatioiden kaupallistamiseksi kiristyy

Bioinformaation pohjalle syntyy jatkuvasti runsain mitoin uutta liiketoimintaa. Jotta tehdyille investoinneille saataisiin kohtuullinen kate, Suomessa tulisi pystyä tehokkaasti kaupallistamaan syntyviä innovaatioita.

Suomalainen bioalan tutkimus on korkeatasoista, mutta sitä hyödyntävä yritysperusta on kapea. Tämä vaikeuttaa uusien innovaatioiden kaupallistamista. Vaarana on, että mm. julkisin varoin rahoitetun tutkimuksen



tulokset siirtyvät maan ulkopuolelle ilman, että Suomeen saadaan asianmukainen osa kokonaistuotosta.

Kaupallistamisessa on pyrittävä suurempiin yrityskokonaisuuksiin, parempiin yhteyksiin kansainvälisten sijoittajien kanssa, selkeämpään työnjakoon tutkijan ja yrittäjän välillä jne.

Etenkin lääkepuolella tarvittavat investoinnit tuotestamiseen ovat erittäin suuret, eikä Suomesta ole tällä hetkellä löydettävissä tarpeellista riskirahaa. Ulkomaisen riskirahan saaminen Suomeen on osoittautunut erittäin vaikeaksi. Uusia yrityksiä perustettaessa tulee entistä huolellisemmin arvioida välittömän rahan tarpeen lisäksi pääoman tarve pitemmällä aikavälillä. Näin päästään tilanteeseen, jossa teknologian antama hyöty voidaan osoittaa riittävällä varmuudella. Vasta tämän jälkeen voidaan ajatella myös ulkomaisen pääoman saamista Suomeen joko riskirahoittajien tai yritysysteistyön kautta.

Yritysten toiminta globalisoituu nopeasti. Monilla aloilla panostetaan voimakkaasti uuden teknologian kehittämiseen myös bioteknisin menetelmin. Vastaisuudessa Suomessa voidaan tuottaa yhä enemmän osaamiseen perustuvia palveluita, kuten tutkimusta globaaleille yrityksille. Voiko tutkimustoiminnasta syntyä merkittävää uutta liiketoimintaa Suomeen?

Osaamisalueet

Uusiutuvien luonnonvarojen kokonaiskäyttö

Ilmaston lämpeneminen johtuu suureksi osaksi lisääntyvistä hiilidioksidipäästöistä, jotka aiheutuvat fossiilisten raaka-aineiden, kuten öljyn, käytöstä ja tähän sitoutuneen hiilen vapautumisesta ilmakehään. Uusiutumattomille luonnonvaroille haetaan kuumeisesti vaihtoehtoja, ja maailmanlaajuisesti puhutaan yhä enenevässä määrin uusiutuvien luonnonvarojen käytöstä energian, kemikaalien ja materiaalien tuotannossa.

Energiaa voidaan tuottaa mm. aurinkopaneeleilla sekä tuuli- ja ydinvoimalla, mutta kemiallisten yhdisteiden ja materiaalien tuotto vaatii hiiltä sisältävää raaka-ainetta, biomassaa, erityisesti kasvimateriaaleja. Kasvien yhteyttäessä ilmasta sitoutuu hiilidioksidia, josta kasvi valmistaa mm. selluloosaa, hemiselluloosaa ja tärkkelystä tai muita yhdisteitä. Nämä luonnon polymeerit, tai esim. niistä vapautetut sokerit, voidaan käyttää hyödyllisten materiaalien ja yhdisteiden tuotannossa. Uusiutuvaa biomassaa hyödynnettäessä tuotteesta sen hajotessa vapautuva hiili (hiilidioksidi) sitoutuu siis uudelleen kasvien yhteyttäessä, samoin kuin luonnossakin tapahtuvassa kasvimassan biologisessa hajoamisessa. Mikäli biomassan tuotanto ja hyödyntäminen pidetään tasapainossa, syntyy periaatteessa suljettu hiilidioksidikierto.

Bioenergiaa saadaan polttamalla biomassaa tai valmistamalla siitä nestemäisiä liikenteen polttoaineita. Tällä hetkellä hyvin suuri osa hiilidioksidipäästöistä on peräisin liikenteen polttoaineista. Mikäli edes osa raakaöljypohjaisista polttoaineista korvattaisiin uusiutuville energianlähteillä, hiilidioksidipäästöt pienenisivät merkittävästi. Etanoli ja kasvien öljyfraktoista valmistettu biodiesel voidaan liukoisina helposti lisätä bensiiniin tai dieselin sekaan ja käyttää nykyisissä moottoreissa. Kaikesta liikenteen käyttämästä polttoaineesta Minnesotassa Yhdysvalloissa jo 10 prosenttia on bioperäistä, ja Ruotsissa vastaavasti 5 prosenttia. Kioton sopimus ja eri maiden liikennepolttoainesäännökset ovat merkittävästi edesauttaneet biomassan hyödyntämistä liikennepolttoaineiden valmistuksessa. EU:n polttoainedirektiivin mukaan vuonna 2010 biopohjaista yhdistettä tulee olla polttoaineessa 5,75 prosenttia.

Bioetanoli (ja biodiesel) ovat tällä hetkellä ”drive-reina” sellaisien teknologioiden kehittämiseksi, jotka käyttävät biomassaa raaka-aineena. On huomattava, että biomassasta voidaan valmistaa myös muita suurina määrinä tarvittavia bulkkituotteita, jotka nyt tehdään



petrokemian avulla. Tällaisia ovat mm. erilaiset muoviteollisuuden monomeerit, kuten maitohappo, sekä kemianteollisuuden muut lähtöaineet.

On nähtävissä, että tulevaisuudessa kasvibiomassa tulee muodostamaan huomattavan osan teollisuuden raaka-aineesta. Peltö- ja metsäbiomassan hyödyntämistä tarkastellaan kokonaisuutena niin EU:ssa kuin maailmanlaajuisestikin, ja myös biojätteestä (kasvi- ja eläinperäinen jäte) tulee arvokas raaka-aine.

Biomassan käyttöä raaka-aineena tukevat seikat:

- Kioton sopimus ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen
- muut kansainväliset ja EU-tason direktiivit (jäte-, pakkaus-, polttoaine- ja ympäristödirektiivi, päästökauppa)
- öljyn hinnan ja saatavuuden epävarmuus
- vaatimukset kestäväen kehityksen mukaiseen vähäresurssiseen tuotantoon
- bulkkituotannon siirtyminen halvan raaka-aineen lähteille, lähelle asiakkaita
- metsä- ja agroteollisuuden tulevaisuuden kilpailukyvyen turvaaminen
- biomassaperäisten tuotteiden jalostusarvon nostaminen
- maaseudun elinkeinorakenteen monipuolistaminen
- biotekniikan penetroituminen kemianteollisuuteen.

Biomassan käyttö kytkeytyy siis tiiviisti ympäristö- ja ilmastopolitiikkaan sekä metsä- ja maatalouspolitiikkaan. Se liittyy myös erityisesti nykyisen biomassaa hyödyntävän teollisuuden, esimerkiksi metsäteollisuuden, uusiutumisympäristöön ja teollisuussivuvirtojen hyödyntämiseen. Koska monet biomassan käyttöä raaka-aineena tukevista seikoista ovat globaaleja, voidaan olettaa, että ympäristöstävällistä biomassaa hyödyntävistä tuotantoteknologioista tulee tarvetta maailmanlaajuisesti. Siten niistä tulee myös merkittä-

viä vientituotteita. Ilmaston lämpeneminen ja ilmastolisten ääri-ilmiöiden lisääntyminen tulevat myös vaikuttamaan biomassan tuotantovarmuuteen, määrään ja laatuun, mikä on oleellinen tekijä uutta biotuotantoa suunniteltaessa.

Biojalostamokonsepti (biorefinery) tulee olemaan merkittävä osa tulevaisuuden bioyhteiskuntaa. Biojalostamo on analoginen öljyjalostamolle (oil refinery), jossa raaka-aine, biomassaa ja -jäte pyritään jalostamaan mahdollisimman moniksi peruslähtöaineiksi (esim. sokerit, kuitu, ligniini, uuteaineet ja muut hyödynnettävissä olevat fraktiot) ja näistä jalostamaan edelleen arvokkaita tuotteita kuten paperi, komposiitit, polymeerit, kemianteollisuuden ja lääketeollisuuden kemikaalit, energia jne. Tuotannossa pyritään minimoimaan energiankäyttöä ja päästöjen määrää. Biomassavarannoista tulee olemaan maailmanlaajuisista kilpailua esim. ravinnoksi, energiaksi (kuten polttoon), paperin valmistukseen, rakennustuotteisiin ja kemikaalien tuotannon raaka-aineeksi. On oleellista, että biomassavarantoja tarkastellaan kokonaisvaltaisesti ja pyritään biomassan ekotehokkaaseen käyttöön ja siitä saatavien tuotteiden arvon nostoon. Tällöin myös bioprosessien tulee olla erittäin tehokkaita.

Suomi on biomassavaltainen ja biomassaa käsittelemään tottunut maa. Uudet biomassan hyödyntämistekniikat ja biojalostamovisiot antaisivat uusia uusiutumismahdollisuuksia Suomelle ja sen teollisuudelle. Biotekniikan avulla biomassaa voidaan käsitellä spesifisesti esim. muokkaamalla kuitujen ominaisuuksia, tai siitä voidaan valmistaa aivan uusia tuotteita. Biotekniikka tulisi hyödyntää jatkossa Suomen teollisuusrakenteen ja tuotteiden monimuotoisuuden lisääjänä. Nykyinen bioteollisuus tulee pyrkiä liittämään mahdollisuuksien mukaan osaksi biomassan jalostamisketjua. Siihen tulee yhdistää myös muita tärkeitä alueita, kuten materiaali- ja nanotekniikan sovelluksiin tähtäävää toimintaa.

Metsäbiomassa ja metsäteollisuus

Uuden bioteknisen osaamisen nopea hyödyntäminen perinteisessä teollisuudessa, kuten metsäteollisuudessa, on pitkän ajan kilpailukyyn kannalta välttämätöntä. Tämä kohdistuu biomassan tehokamman hyödyntämisen lisäksi uusien kestävä kehityksen mukaisten prosessien kehittämiseen, tuotteiden toiminnallisten ominaisuuksien parantamiseen, uusien metsätuotteiden kehittämiseen ja metsäpuiden bioteknisen muokkauksen hyödyntämiseen jalostuksessa.

Metsäteollisuuden sovellutukset voivat olla moninaisia. Esimerkeistä käyvät ekotehokkaat menetelmät, joita sovelletaan kuitujen tuottamiseen ja muokkaamiseen, erikois- ja hienokemikaalien, bio-polymerien ja uudentyypisten komposiittimateriaalien valmistukseen (puu-, kuitu-, sellulosa-, hemiselluloosa- ja ligniinipohjaiset), bioetanolin tuottamiseen sekä peltokasvien hyödyntämiseen paperin ja komposiittien tuotannossa sekä erikoispaperien ja pakkausten valmistamiseen. Lisäksi bioteknologia avaa rajattomat mahdollisuudet puiden ja kuitujen ominaisuuksien räätälöintiin ajatellen tiettyjä loppukäyttöjä. Näitä ovat esim. tietyn tyyppiset kuidut ja puurakenteet, joilla on hyvä pitkäaikaiskestävyys.

Agrobiomassa

Agrobiomassan tuotannon lähitulevaisuuden keskeisenä kehityssuuntana on elintarvike- ja erityisesti rehuvalmistukseen suunnatun tuotantovolyymien siirtyminen enenevässä määrin vaihtoehtoisin pellon käyttömuotoihin. Pellon uusista potentiaalisista käyttömuodoista tulee korostumaan erityisesti peltokasvien käyttö bioenergian tuotantoon. Suomessa peltobioenergian tuotannossa keskeisiä tuotantomuotoja ovat viljojen (erityisesti ohra) käyttö etanolin tuotantoon, tiettyjen nurmikasvien ja viljo-

jen (erityisesti ruokohelpi ja kaura) käyttö polttoenergian tuotantoon sekä öljykasvien (erityisesti kevätrypsi, rajoitetussa määrin myös kevätrapsi) käyttö biodieselin tuotantoon. Myös uusia käyttökohteita sokerijuurikkaalle esim. kemikaalien tuotannon raaka-aineena mietitään. Näissä laskelmissa kokonaisekonomiset tarkastelut ovat tärkeitä.

Biotekniikan merkitys lajitemateriaalin kehittämisessä – olipa tavoitteena elintarvike-, rehu- tai bioenergiatuotanto – on jo nyt erittäin keskeinen. Lähitulevaisuudessa biotekniikan merkitys tulee korostumaan entisestään. Jalostusohjelmien tuotekehitysprosessi on perinteisesti erittäin pitkä; tätä aikajännettä voidaan bioteknisillä menetelmillä lyhentää ratkaisevasti. Lisäksi geenitekniologia luo merkittäviä mahdollisuuksia uudenlaisten ominaisuuksien tuomiseen perinteisen jalostuksen keinoin kasvuoloihimme adaptoituihin geenitaustoihin. Peltokasvien non-food-käytön ennakoidaan edesauttavan myös geenitekniologialla tuotettujen lajikkeiden markkinoille tuloa EU:ssa.

Jätevirrat

Teollisuudessa, kotitalouksissa, kaupassa jne. syntyy merkittäviä määriä bioperäisiä jätteitä, kasvi- ja eläinmateriaaleja, joita voitaisiin hyödyntää raaka-aineena. Esimerkiksi eläin- ja kasvirasvat pystytään hyödyntämään biodieselin valmistuksessa. Jätetä jätettä pystytään periaatteessa hydrolysoimaan sokeiksi esim. bioetanolin tuotantoon. Myös biokaasun tuottoa yhdyskuntajätteestä voidaan kehittää tehostamalla talteenottoa ja mahdollisesti käyttämällä taroitukseen räätälöityjä mikrobeja.

Suomen osaaminen biomassan hyödyntämisessä on maailmanlaajuisesti korkealla tasolla. Eri-tyisosaamisalueita ovat esim. metsä- että viljakasvien biomassan tuottaminen ja fraktiointi, puukemia, biomassan entsyymaattinen muokkaus ja



hydrolyysi, entsyymien teollinen tuotanto sekä esim. viljakasvien fermentointi etanoliksi. Suomi on ollut edelläkävijä biotekniikan soveltamisessa metsäteollisuuteen (esim. entsyymiavusteinen kloorikemikaalien käyttöä vähentävä valkaisu, energiansäästö jauhatuksessa ja jätevesien puhdistaminen). Puuraaka-aineesta on myös valmistettu erikoistuotteita kuten ksylitolia, kolesterolia alentavaa sitosterolia ja bioaktiivisia lignaaneja. Perustutkimus on vahvaa niin lignoselluloosaa muokkaavien entsyymien kuin biomassasokereita hyödyntävien mikrobin suhteen. Tähän osaamiseen tulisi panostaa jatkossakin ja laajentaa osaamista siten, että erityyppistä kasvi- ja puubiomassaa voidaan hyödyntää laajasti. Näin voitaisiin kasvattaa biomassapohjaisten tuotteiden kirjoa.

On myös huomattava, että tulevaisuudessa pyritään yhä enenevässä määrin hyödyntämään erikoiskasveja (esim. energiakasveja) tai kasvibiotekniikan avulla spesifiseen tarkoitukseen jalostettuja puu- ja kasvilajeja. Näin voidaan pyrkiä esim. nostamaan peltokasvien tai puiden kuidun laatua tai selluloosa/sokeripitoisuutta. Samoin voidaan pyrkiä vähentämään ligniinin määrää tai muokkaamaan prosessoitavuutta tai taudinkestävyyden ohella muita kemiallisia ominaisuuksia. Tämän teknologian täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää yleistä hyväksymistä kasviteknologian käytölle. Suomessa on oltava valmius tämän teknologian hyödyntämiseen ja nimenomaan Suomen luonnonolosuhteisiin soveltuvien kasvien ja puulajien jalostamiseen.


Biomassan hyödyntämistä voidaan toisaalta tarkastella hajautettuna bulkki- tai erikoistuotteiden tuotantona tai suuren mittaskaalan keskitettynä, esim. metsäteollisuuteen integroituna aktiviteettina. Joka tapauksessa tulevaisuudessa on yhä oleellisempaa hallita kokonaisvaltaisesti biomassaa hyödyntävien prosessien ekologisuuden ohella hiili- ja

energiatasetarkastelut myös globaalilla tasolla. Tärkeää on myös huomioida arvioinneissa kestävä kehityksen periaatteet ekologian ja biodiversiteetin suhteen.

Biotuotannon kehittäminen

Biologisten yhdisteiden tuotanto on biotekniikan perusta. Mitä enemmän solujen, proteiinien, biopolymerien ja muiden bioyhdisteiden funktioista tiedetään, sitä enemmän niitä voidaan käyttää hyväksi lääkkeinä, materiaaleina, diagnostisina reagensseina tai lisäarvoa tuovina yhdisteinä lähes kaikilla teollisuuden aloilla. Biologisia yhdisteitä voidaan hyödyntää perinteisissä metsä-, elintarvike-, tekstiili-, rehu- ja kemian teollisuuden aloilla tai mahdollisesti komponentteina elektroniikka- ja palvelusektorilla.

Bioteknologisten innovaatioiden hyödyntäminen edellyttää yleensä kehitettyjen tuotteiden tuottamista biologisissa systeemeissä. Merkittävä osa bioteknisestä tutkimuksesta tänään kohdistuu uusien lääkkeiden tai terveyttä edistävien tuotteiden kehittämiseen. Lähes kaikki bioteknisin keinoin kehitetyt ja kehitteillä olevat lääkkeet edellyttävät bioteknisten tuotantomenetelmien käyttöä. Kestävä kehitys haasteet lisäävät kiinnostusta biotekniikkaan myös nykyisen bioteollisuuden ulkopuolella, esim. perinteisessä kemianteollisuudessa. Biotekniikalla pyritään osittain korvaamaan tällä hetkellä uusiutumattomista luonnonvaroista tehtävät tuotteet tai tuottamaan esim. stereokemialtaan puhtaita tai monimutkaisia yhdisteitä, joiden valmistus perinteisellä kemialla on vaikeaa. Myös biotekniikkaa ja kemiaa yhdistelevät tuotantoprosessit yleistyvät. Biotekniikka on jo oleellinen osa monen suuren amerikkalaisen tai eurooppalaisen kemian alan yrityksen toimintaa. Valmius biotekniseen tuotantoon mahdollistaa erityyppisten tuotantoinfrastruktuurien luomisen myös Suomeen ja tuotannon pitämisen kotimaassa. Tuotanto-osaaminen on merkittävä kilpailutekijä.



Tutkimus tuottaa runsaasti uutta tietoa mikrobi- ja muiden solujen toiminnasta. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia käyttää näitä tuotanto-organismeina erilaisten tuotteiden valmistukseen. Solu, oli se mikrobi-, eläin- tai kasvisolu, on erittäin tehokas ja monipuolinen mikromittakaavan tuotantolaitos. Geenikoostumuksen ymmärtäminen on nopeasti johtamassa geenisäätelyn ymmärtämiseen systeemitasolla sekä solun proteiinien toiminnan ja erilaisten metaboliareittien ymmärtämiseen. Tämä mahdollistaa solujen muokkaamisen niin, että ne tuottavat toivottua tuotetta kaupallisesti hyväksyttävissä määrinä.

Tuotettavat tuotteet voivat olla täysin uusia eli erilaisia tuotteita, joilla on uudet markkinat. Ne voivat olla myös olemassa olevia tuotteita, joita tuotetaan tehokkaammin. Tuotto-organismit saadaan tuottamaan myös hyvin monimutkaisia molekyyliä, jotka ovat peräisin toisesta organismista, tai aivan uusia yhdisteitä. Joissakin sovellutuksissa, etenkin elintarvikepuolella, solu voi itsessään olla tuote. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset maitohappobakteerivalmisteet, joilla on positiivinen vaikutus ihmisen terveyteen. Arvokkaiden proteiinien ja teollisuusentsyymien tuottamisesta Suomessa on jo erittäin hyvää perusosaamista ja kokemusta. Erityisen kiinnostavia ovat tuotteet, joiden avulla Suomen perusteollisuuden kilpailukyky voidaan parantaa.

Tuotto-organismien kehitys mahdollistaa myös laajemman raaka-ainepohjan hyödyntämisen tuotannossa. Tästä on hyvä esimerkki bioetanolin tuotanto. Etanolin tuotto on bioteknisistä prosesseista perinteisin, ja sen tuotto tarkkelysgluukoosista on pitkälle optimoitu teknologiaa. Mikäli polttoaineena käytettävän bioetanolin tuotannossa halutaan käyttää halvempia biomassaperäisiä raaka-aineita (lignoselluloosaa), tulee tuotto-organismien metaboliaa muuttaa geenitekniikan avulla niin, että se käyttää raaka-aineesta tehokkaasti

kaikki sokerit, glukoosin lisäksi erityisesti pentoosisokeri ksyloosin.

Solujen käyttö tuotannossa edellyttää riittävää perustutkimusta solujen geenitoiminnasta ja fysiologian säätelystä sekä metaboliareittien ja erilaisten solutoimintojen ymmärtämisestä. Yhä enenevässä määrin tarvitaan systeemibiologista lähestymistapaa. Maailmalla syntyvän tiedon hyödyntäminen Suomessa edellyttää valmiuksia tämän tiedon hakemiseen – esim. bioinformatiikan keinoin – ja tiedon soveltamiseen. Tiedon nopea soveltaminen käytäntöön on avaintekijä kovassa kansainvälisessä kilpailussa.

Myös tehokkaiden, tuotantoon sopivien vektorien kehittäminen edellyttää solun metabolian hyvää ymmärtämistä. Alustavat, tutkimusvälineiksi tarkoitetut geneettiset konstruktiot eivät ole useinkaan riittävän tehokkaita laajamittaisen tuotannon tarpeisiin. Usein tuotanto-organismien rakentaminen vaatii ulkopuolisen geneettisen materiaalin siirtämisen tuotanto-organismiin tai soluun. Tehokkaat menetelmät tällaiseen siirron suorittamiseen niin, ettei se vaikuta haitallisesti organismiin tai solun kasvuun, on merkittävä kilpailutekijä. Siirtoon soveltuvat vektorit ja tekniikat voivat olla myös sellaisinaan kaupallistettavia tuotteita, erityisesti silloin, kun on kyse uusista tuotto-organismeista erikoistuotteiden tuotantoon.

Halutun yhdisteen tuotto tapahtuu bioreaktoreissa (fermentori), joissa tuotanto-organismeita tai -soluja kasvatetaan ja joissa kasvualustan koostumusta, lämpötilaa, sekoitusta jne. voidaan tarkkaan kontrolloida. Perinteisessä bioprosessissa on riittänyt lämpötilan, kasvuliuksen happamuuden, liukenevan hapen määrän jne. kontrollointi. Nykyään tehokas tuotannon optimointi edellyttää mikrobin tai solun geneettisen rakenteen ja metaboliareittien toiminnan huomioon ottamista ja tekniikoiden kehittämistä, joilla myös näitä solunsisäisiä parametreja mittaamalla voidaan ohjata tuotantoa haluttuun suuntaan. Tehokas tuotannon



ohjaus edellyttää myös uusien mittausmenetelmien kehittämistä ja tehokasta tiedon käsittelyä.

Erilaisia mikrobeja (hiivat, bakteerit ja homeet) on käytetty tuotannossa jo pitkiä aikoja myös Suomessa. Vasta viime aikoina näiden mikrobien genomeja on sekvensoitu, ja tätä tietoa voidaan hyödyntää tuotannon optimoinnissa. Biokemistien ja prosessiteknikoiden läheinen yhteistyö on välttämätöntä tehokkaan tiedonsiirron aikaansaamiseksi. On myös muistettava, että nykyiset prosessit ja bioreaktorit on kehitetty silloin, kun solujen toiminnasta ei tiedetty läheskään yhtä paljon kuin nyt. Uusien tuotantokonseptien kehittäminen voi oleellisesti parantaa tuottavuutta.

Eläinsolujen käyttö on lisääntynyt nopeasti etenkin tiettyjen proteiinipohjaisten uusien lääkkeiden tuotannossa. Näiden käyttö on usein välttämätöntä, jotta tuote saadaan tuotettua siinä muodossa kuin se ihmiselimestössä esiintyy ja jossa sen tehokkuus lääkkeenä on suurin. Eläinsolujen kasvattaminen on huomattavasti vaikeampaa kuin mikrobien. Niiden kasvunopeus on paljon hitaampi, niiden herkkyys kontaminaatioille suuri ja tuottotasot yleensä paljon alhaisemmat kuin mikrobipohjaisissa prosesseissa.


Monien bioteknologisten tuotteiden tuotannossa edellytetään myös lopputuotteen lähes täydellistä eristämistä joko tuotto-organismien sisältä tai kasvuliuksesta. Etenkin lääkeaineiden puhdistaminen riittävän puhtaiksi edellyttää monivaiheista puhdistusprosessia. Puhdistusprosessi on usein huomattavasti kalliimpi tuotannon osa kuin mikrobien tai solujen kasvatus. Mitä paremmin tuotantoprosessia voidaan ohjata ja mitä korkeampia pitoisuuksia toivottua ainetta saadaan, sitä helpompi ja taloudellisempi on vaadittava puhdistusprosessi.

Lääkeaineiden tuotanto on tarkkaan viranomaisten valvonnassa. Tuotannossa tulee käyttää määräyksien mukaisia tuotantolaitoksia ja -menetelmiä. Tämä ns. GMP (Good Manufacturing Practice) -tuotanto edellyt-

tää tarkoitukseen rakennettua tuotantolaitosta tai -tilaa. Tuotannon laatuvaatimukset ovat erittäin korkeat, ja ne koskevat sekä yksittäisiä tuotantoprosesseja sekä itse tuotetta. Nämä vaatimukset vaikuttavat merkittävästi tuotantokustannuksiin.

Kasvisolujen käyttö tuotannossa edellyttää soluviljelyosaamisen lisäksi kasvinjalostuksen ja tuotannon osaamista, joissa nykyisin avaintekniikoita ovat bioteknologia ja geeniteknikka. Kasvisoluilla voidaan tuottaa yhdisteitä myös bioreaktoreissa. Muokattuja soluja ja tuotantomenetelmiä on kehitetty erityisesti arvokkaiden lääkemolekyylien tuottamiseksi. Tällaisessa nk. suljetussa tuotannossa pätevät samat geeniteknikan säännökset kuin esim. mikrobiuotannossa. Kun siirrytään soluviljelyistä siirtogeenisiin pellolla viljeltäviin tuotantokasveihin, geeniteknikan käytössä on huomioitava viljelysovellutusten mahdolliset ekologiset vaikutukset. Elintarvike- ja lääkesovellusten kyseessä ollen on myös otettava huomioon tuotteiden mahdolliset terveystaikutukset. Tällä hetkellä keskustelu näistä haitoista ja siten kyseisten käyttötapojen hyväksyttävyydestä käy vilkkaana.

On todennäköistä, että yleisesti hyväksytyjä, turvallisia kasvituohtantoprosesseja voidaan tulevaisuudessa kehittää myös geeniteknikkaa hyväksi käyttäen. Suomessa tulee olla valmius näiden tekniikoiden hyödyntämiseen. Kasvibiotekniikan potentiaali on suuri elintarviketuotannossa, mutta myös muissa soveluksissa tarvittavien yhdisteiden ja materiaalien tuotannossa. Mahdollisuuksia on myös siinä, miten kasvimateriaalia muokataan paremmin raaka-aineeksi soveltuvaksi esim. biojalostamoon (ks. kappale 1). Ennustettu ilmaston lämpeneminen asettaa myös aivan uusia haasteita Suomen olosuhteisiin soveltuvien hyötykasvien kehittämiseksi sekä mahdollisesti lisääntyvien kasvitautien torjunnalle ja niitä kestävien lajikkeiden jalostamiselle.



On huomattava, että tuotteiden tai tuotanto-organismien kehitys kulkee käsi kädessä tuotantoprosessin kehityksen ja optimoinnin kanssa. Esimerkiksi sokeroinniltaan oikeanlaisen lääkemolekyylin tuotto saattaa vaatia isäntäsolun sokerointireittien muokkausta ja tuottoalustan ja prosessin säätöä juuri tälle muokatulle tuottoisännälle soveltuvaksi. Samoin bulkkikemikaalin tuotto saattaa vaatia itse tuotegeenien mikrobiin siirtämisen lisäksi mikrobin solunsisäisten hapetuspelkistysreaktioiden muokkausta ja tuottoprosessissa hapensyöttöä bioreaktioon juuri sillä optimaalisella tasolla, jota ko. tuottoisäntä vaatii. Biotuotanto kokonaisuudessaan vaatii täten huomattavaa osaamispääomaa, joka on Suomelle arvokasta, vaikka itse lopullinen tuotanto tehtäisiinkin jossain muualla.

Uudet biotekniset tuotemahdollisuudet

Biomolekyyleihin ja biotekniikkaan perustuvat tuotteet tulevat lisääntymään, ja uusia innovatiivisia tuotekonsepteja tullaan kehittämään. Näiden markkinoiden laajuutta ja yksittäisten tuotteiden merkitystä on vaikea etukäteen arvioida, mutta on selvää, että uudet biotuotteet ovat tulevaisuudessa merkittävä liiketoimintamahdollisuus. Tämän vuoksi on tärkeätä varmistaa Suomen biotuotannon mahdollisuudet yleensä myös tulevaisuutta varten sekä pysyä kehityksessä mukana potentiaalisimmilla kasvavilla sovellusalueilla.

Kudosteknologia on erillinen merkittävä tulevaisuuden sovellutus, jossa vaaditaan soluviljelyosaamista. Jo tänä päivänä tiettyjä kudonsvaurioita, kuten esimerkiksi rustokudosta, korjataan kasvattamalla potilaan omia rustosoluja laboratorioissa ja siirtämällä niitä takaisin vahingoittuneeseen kohtaan. Vastaavaa voidaan tehdä muiden kudosten, kuten esimerkiksi luun ja ihon osalta. Näiden ihmisolujen viljelytekniikan hallitseminen ja tehostaminen avaisi uusia mahdollisuuksia tällä sektorilla. Oman kokonaisuuden muodostavat ns. kantasolut, joille on ominaista se, että ne voidaan

erilaistaa eri kudoksissa esiintyviksi soluiksi. Kantasolujen kasvatusten ja erilaistumisprosessien hallinta on tulevaisuuden teknologiaa, joka avaa merkittäviä uusia mahdollisuuksia vahingoittuneiden kudosten, tulevaisuudessa esimerkiksi sisäelinten, hoidossa. Solujen lisäksi kudokset edellyttävät tiettyä rakennetta, joka kestää kudokseen suuntautuvaa fyysistä rasitusta. Tulevaisuuden keinokudokset ovatkin usein yhdistelmä biomateriaaleista ja soluista, jotka ovat joko erilaistuneita tai kantasoluja. Biomateriaalisektorilla Suomessa on erittäin paljon osaamista, joka antaa hyvän pohjan näiden sovellutusten kehittämiseksi. Kuten lääkkeiden, niin myös keinokudosten valmistus edellyttää tarkoin valvottua tuotantoa (GMP) ja voidaan toteuttaa vain sitä varten rakennetuissa tiloissa. Yksi Euroopan nykyaikaisimmista tiloista tähän tarkoitukseen on parhaillaan valmistumassa Tampereelle.

Uusia vahvaan tutkimuspanostukseen pohjautuvia tuotteita ovat erityisesti biomateriaalit. Biotekniikan avulla pyritään osittain korvaamaan öljypohjaiset muovit ja tuottamaan biohajoavia biomuoveja. Mikrobeilla tuotetaan jo nyt polymeerisynteessin lähtöaineita kuten propeenidiolia, josta valmistetaan polyesteriä, sekä maitohappoa, josta valmistetaan polylaktidia (PLA). Se soveltuu biomateriaaliksi kudossovelluksiin tai nykymuoveja korvaamaan kertakäyttöastioihin ja pakkauksiin. Kasveilla tai mikrobeilla voidaan myös suoraan tuottaa biomuoveiksi soveltuvia polymeerejä, kuten polyhydroksihappopolymeereja. Biotekniikka tekee mahdolliseksi tuottaa uusia kemiallisia yhdisteitä, jotka soveltuvat biomuovien lähtöaineiksi ja joista voidaan polymerisoida ominaisuuksiltaan uudenlaisia materiaaleja. Suomelle tärkeitä kehityskohteita ovat myös luonnon polymeerien, esim. selluloosan, hemiselluloosan ja tärkkelyksen, jalostaminen erikoismateriaaleiksi tai rakennekomponenteiksi. Entsyymien avulla voidaan polymeeri- ja kuiturakenteita muokata ja polymeereihin liittää funktionaalisia ryhmiä. Materi-



aalien kehityksessä on runsaasti mahdollisuuksia, esimerkiksi sähköä johtavat polymeerit ja erilaiset älykkäät materiaalit. Materiaalikehitys on sopusoinnussa kestäväen kehityksen kanssa, ja tuotanto voidaan periaatteessa liittää osaksi biomassan kokonaiskäytön suunnitelmia. Tässä tarvitaan yhteistyötä biotieteiden ja mm. materiaalitieteiden ja nanotekniikoiden välillä.

Meillä on myös erinomaisia esimerkkejä siitä, että kannattavaa biobisnestä voidaan perustaa sellaisten tuotteiden varaan, jotka eivät pohjaa suoraan Suomen aikaisempiin osaamisalueisiin tai vahvuuksiin. Tällaisia ovat esim. tutkimusreagensseiksi tarkoitettujen erikoisentsyymien ja kittien kehitys ja valmistus. Nämä tuotteet perustuvat joko muualla tai Suomessa tehtyyn huippuluokan perustutkimukseen, joka on osattu nopeasti hyödyntää yritystoiminnassa. Tällaisia erikoistuotemahdollisuuksia on periaatteessa lukemattomia erityisesti nopeasti kehittyvillä molekyylibiologian ja mittaus- ja diagnostiikan aloilla. Onnistuminen vaatii tutkimuksen eturintaman seuraamista, uusimpien tuotekehitys- ja tuotantomenetelmien käyttöä tuotteen erinomaisuuden ja laadun varmistamiseksi sekä tietenkin todellisen käyttäjätarpeen identifiointia. On huomattava, että tutkimusreagenssien markkinat ovat merkittävät ja käyttäjäkunta ennakkoluulotonta – joskin kriittistä – uusien tuotteiden suhteen. Tutkimusreagenssien samoin kuin tutkimuspalveluidenkin kehittäminen soveltuisi hyvin Suomelle.


Tulevaisuudessa voidaan odottaa myös tarpeita valmistaa mikro- ja nanotekniikan sovelluksiin tarvittavia biokomponentteja sinänsä tai laitteistoja, joissa biomolekyylit ovat osana. Tällaisia ovat esimerkiksi molekyylit, joita voidaan käyttää monomolekylääristen rakenteiden valmistamiseen, biomoottorit ja mikro-skaalan energiantuottojärjestelmät sekä miniatyrisoituihin biopolttokennoihin soveltuvat entsyymit. On vaikea ennustaa, kuinka pitkällä tämäntyyppiset sovellusajatukset ovat 10 vuoden kuluessa. On kuitenkin

selvää, että biotuotanto tulee merkittävästi kasvamaan. Tuotteet ja tuotantoprosessit saattavat poiketa merkittävästi perinteisestä nykytuotannosta.

Biotuotannon kehittäminen on välttämätöntä, jos halutaan ylläpitää valmius Suomessa tehtyjen innovaatioiden – esim. lääketieteellisten tai uusien tuotekonseptien – hyödyntämiseen myös tuotannossa. Valmiuden ylläpitäminen edellyttää riittävää perustutkimusta biotuotannon eri osa-alueilla. Perustutkimus on tärkeää myös, jotta muualla syntyvää tietoa voidaan tehokkaasti hyödyntää Suomessa. Bioteknisten innovaatioiden merkitys Suomelle etenkin työllistämisen kannalta edellyttää usein tuotannon pitämistä Suomessa. Erityisesti lääketuotanto, kantasolutuotanto ja uudentyyppisten tuotteiden valmistaminen on luonteeltaan niin osaamisintensiivistä, ettei sen siirtäminen halvan työvoiman maihin ole lähitulevaisuudessa uhkana. Tuotantokustannukset ovat usein hyvin pieni osa tuotteen arvosta. Bioprosessitekniikkaan kohdistuva tutkimus voi myös avata mahdollisuuksia erilaisten tuotantoon liittyvien menetelmien kaupallistamiseksi. Nämä voivat liittyä uudentyyppisten tuotantolaitteiden rakenteisiin, erilaisiin ohjausjärjestelmiin, prosessikonsepteihin jne. Suomessa on erittäin hyvää insinööriosaamista tuotantolaitteistojen ja bioprosessien suunnittelemisessa sekä mallinnuksessa.

Lääkekehitys

Lääkekehitys on toistaiseksi uuden biotekniikan ylivoimaisesti tärkein sovellutusalue. Eurooppabion (Healthcare Manifesto) mukaan jo 250 miljoonaa ihmistä on hyötynyt bioteknologian keinoin valmistetuista lääkkeistä. Tällä hetkellä yli 300 bioteknologista lääkettä on kehitteillä noin 150:tä eri tautia vastaan. Noin puolet kehitteillä olevista lääkkeistä on biotekniikan tuotteita. Myös Suomessa huomattava osa alalle tulevasta rahoituksesta käytetään lääkekehitykseen tai uusien lääkkeiden identifiointiin. Jopa yksi hyvä lää-



ke saattaa johtaa merkittävään liiketoimintaan. Esi-merkistä käy yhdysvaltalainen Amgen, jonka markkina-arvo on jopa suurempi kuin Nokian ja jonka arvo perustuu pääasiassa yhteen lääkkeeseen, EPO:hon.

Lääkekehitys on kuitenkin erittäin pitkäjänteistä, kallista ja riskialtista. Tällä hetkellä Suomessa ei ole yrityksiä, jotka yksinään pystyisivät viemään läpi globaaleja lääkekehityshankkeita suuriin kansantauteihin. Koska lääkekehitys on kuitenkin vahvasti verkostoitunutta toimintaa, sen piirissä toimii myös tuhansia pieniä ja keskisuuria erityisosaajayrityksiä, jotka vähitellen pyrkivät myös itse rahoittamaan ja markkinoimaan omia lääkekeksintöjään. Tällaisia potentiaalisia tulevaisuuden kasvuyrityksiä on myös Suomessa kehittymässä. Perustutkimuksen korkeatasoiset tutkimusryhmät, joilla on mahdollisuus pitkäaikaiseen tutkimukseen tietyllä alueella, tuottavat tuloksia, joiden pohjalta voidaan ajatella myös uusien lääkkeiden kehitystä. Hanketta aloitettaessa on kuitenkin olennaista varmistaa tuotteen kliinisen kehittämisen resurssit, jotka useimmiten edellyttävät ulkopuolisia partnereita ja näiden kontribuutiota. Lääkealan yritystoiminta on kuitenkin mielletävä moninaisten liikeideoiden kokonaisuutena. Kokonaisuuden osat ulottuvat alueellisesta korkean osaamisen palvelutoiminnasta kansainväliseen lääkemarkkinointiin.

Suomessa on tiettyä erityisosaamista, jota tulee hyödyntää tällä alueella. Yksi merkittävä tekijä on suomalaisten geeniperimän ja sairauksien perinnöllisen alttiuden tutkimus. Suomessa on valmiiksi koottuja väestökohortti- sekä tapaus-verrokkiaineistoja. Suomalaiset aineistot ovat korkealaatuisia ja kansainvälisesti ainutlaatuisia. Tämä johtuu suomalaisten myönteisestä suhtautumisesta, terveydenhoidon hyvästä organisoinnista ja koko maan kattavista rekistereistä. Näytteet ovat edustavia, tiedonkeruu standardoitua ja prospektiivinen seuranta pitkää. Tähän materiaaliin kohdistuva väestögeneettinen ja molekyylibiologinen

tutkimus voi johtaa diagnostisten testien ja uusien lääkkeiden kehittämiseen. On odotettavissa, että jo seuraavien kymmenen vuoden aikana on mahdollista tuottaa testejä henkilöiden perinnöllisen sairausaltituksen määrittämiseen, jolloin samalla tulee tarve täsmädiagnostiikan kehittämiseen. Samoin syntyy markkinoita tämän tarpeen tyydyttävälle tuotteille ja palveluille. Olisi myös mahdollista kehittää diagnostisia paketteja, joissa yhdistetään tiettyyn sairauteen liittyvä geeniprofiili, siihen liittyvät laboratoriotestit ja tuloksia tulkitsevat laskenta-algoritmit.

Alan kehittäminen edellyttää geneettisen osaamisen, epidemiologisen tietotaidon ja näyteaineistojen käytön yhdistämiseen siten, että kansainväliseen haasteeseen voidaan vastata. Perusosaaminen Suomessa on jo hyvä. Kansallisesti on myös tarvetta tarkastella ja kehittää sitä, onko mahdollista – eettisistä periaatteista ja tutkittavien antaman suostumuksen rajoista tinkimättä – lisätä joustavuutta erityisesti vanhojen näytteiden käytön laajentamiseen uusiin, nykYTEKNOLOGIAN antamiin käyttötarkoituksiin.

Joillakin aloilla, joilla Suomessa on jo nyt hyvää osaamista, saattaa olla erityisen hyvät lähtökohdat kansainvälisesti merkittävään lääkekehitykseen. Yksi tällainen alue on syöpä ja sen hoidon kehittäminen. Uusien syövän hoitomuotojen kehittäminen on kaikkein nopeimmin kehittyvä lääkekehityksen alue. Sen osuus kaikista lääkekehityshankkeista oli noin 27 prosenttia vuonna 2005. Uusi perustieto syövän syntymekanismista mahdollistaa entistä tarkemman diagnostiikan. Syövän uudet hoitomuodot kulkevat käsi kädessä diagnostiikan kanssa. Tällainen tarkkaan vaikutusmekanismiin ja diagnostiikkaan perustuva lääkekehitys mahdollistaa ns. täsmälääkkeiden kehittämisen. Syövän esiintymismuotoja, kriittisiä kehitysmekanismia, on lukemattomia, joten diagnostiikka muodostaa oleellisen osan tätä kehitystyötä. Tästä monimuotoisuudesta myös johtuu, että Suomessa on



mahdollista kehittää hyvin spesifisiä syöpälääkkeitä. Näiden hyväksymisprosessit ovat yleensä huomattavasti lyhemmät kuin monien muiden lääkkeiden. Näin ollen myös niiden kehityskustannukset ovat usein edullisemmat. Vaikka kohderyhmä joissakin tapauksissa on varsin suppea, henkeä pelastava hoito on erittäin arvokas, ja lääkkeiden tuoma arvo voi globaalisti olla hyvin merkittävä.

Vastaavaa konseptia voidaan hyödyntää useiden tautien hoidossa. Kun esimerkiksi degeneratiivisista aivosairauksista kärsivän potilasjoukon segmentointi perustutkimuksen ja uusien diagnostisten menetelmien kautta etenee, täsmälääkehoito tulee myös näissä taudeissa mahdolliseksi syövän tapaan. Perustutkimus tuottaa myös Suomessa jo uusia potentiaalisia mekanismeja vaikuttaa myös degeneratiivisiin aivosairauksiin, mutta välimatka kliinisen tautien diagnostiikan ja perustutkimuksen välillä on vielä suuri.


Toinen alue, jossa on tällä hetkellä selvä tarve uusiin tehokkaisiin hoitomuotoihin, ovat infektioaudit. Pandemiakeskustelu, kuten AIDS-epidemiakin, on tuonut tämän alueen vahvasti esiin, ja viruslääkkeiden vähäisyys on ja korostunut. Patogeenisten bakteerien nopeasti laajeneva antibioottiresistenssi on akutisoitumassa vakavaksi hoito-ongelmaksi. Usean kroonisen taudin taustatekijäksi on osoittautumassa infektio, mikä laajentaa mikrobilääkkeiden käyttöaluetta ja kohteita. Suomessa on korkeatasoista tutkimusta infektioauditien, molekyylibiologian ja immunologian alueilla. Tästä tutkimuksesta voidaan johtaa hankkeita lääke- ja rokotekehittelyyn, kuten myös diagnostisten tuotteiden valmistamiseen. Tältä kannalta keskeisiä tutkimuskohteita ovat mikrobien virulenssimekanismit ja niiden interaktiot ihmiselimistön ja -solujen kanssa. Tähän aihepiiriin liittyvät myös eläin- ja kasvitautien mekanismeihin liittyvä, Suomessa tehtävä korkeatasoinen tutkimus ja sen hyödyntäminen. Näiden tutkimusten perusteella voidaan kehittää uusiin konsep-

teihin perustuvia lääkkeitä, joilla on tyystin erilaiset vaikutusmekanismit ja kohteet kuin nykyisillä infektioauditien hoitoon käytettävillä lääkkeillä. Modernit tutkimusmenetelmät ovat myös paljastaneet mikrobi maailman suunnattoman lajirikkuuden ja diversiteetin, joka luo pohjaa uusille keksinnöille niin tuotteiden kuin tuotantomenetelmien kehitystyössä.

Uudet hoitokeinot voivat löytyä esimerkiksi bakteerien tai virusten infektiomekanismin tai patogeenisiin vaikuttavien proteiinien ja peptidien hyödyntämisestä, mutta myös kehittämällä menetelmiä joilla voidaan aktivoida ihmisen omia puolustusmekanismeja – sekä immuunipuolustusta että muita elimistön ja solujen vasteita. Varteenotettava mahdollisuus on myös muunnettujen mikrobien käyttö lääkteinä tai rokotteina. Näihin kehitystrendeihin uusi biotekniikka tulee antamaan yhä parempia työkaluja. Jos lopputuotteena on rokotevalmiste, Suomella on vielä erityisen hyvä terveydenhuollon infrastruktuuri ja kontaktiverkot testaamiseen. Erityisesti on mainittava neuvola verkosto. Tätä on jo pitkään hyödynnetty ulkomaisten yritysten kanssa muualla kehitettyjen rokotteiden kliinisiin teho- ja turvallisuustutkimuksiin.

Yllä mainittujen erityistilanteiden lisäksi tulee muistaa, että tehokas perustutkimus tautien synty mekanismeista voi avata mahdollisuuksia uusien lääkkeiden kehittämiseen myös taudeissa, joita ei tällä hetkellä pystytä identifioimaan. Tällaista tutkimusta tulee voimakkaasti tukea. Samalla tulee vahvistaa edellä mainitun kohdennetun lääkekehittelyn mahdollistavaa solubiologista ja mikrobi-geneettistä tutkimusta ja sen infrastruktuuria. On muistettava, että lääkehoidon uudet läpimurtokeksinnöt ovat syntyneet yksittäisen tutkimusryhmän oivalluksena useammin kuin laajojen ohjelmien tuloksena.

Itse lääkeaineiden kehityksessä keskeisenä pullonkaulana on kokeellisten tautimallien ja hyvien kliinisten farmakologisten vaikutusten markkerien puuttuminen.



Tällaisten menetelmien pohjalta voidaan myös luoda uutta liiketoimintaa tuotteilla, joita tarjotaan tutkimuksen ja klinisen diagnostiikan käyttöön, sekä erikoistuneilla osaamispalvelutuotteilla.

Mittausmenetelmät ja diagnostiikka

Yhteiskunnan lisääntyvä panostus turvallisuuteen, ennakoitavuuteen ja terveyteen lisää tarvetta saada mitausdataa ympäristön ja ihmisen tilasta. Biotekniikan tuoma uusi osaaminen avaa lukemattomia mahdollisuuksia uusien diagnostisten ja mittausmenetelmien kehittämiseksi lääke-, elintarvike- ja muille teollisuuden aloille sekä ympäristön tilan seuraamiseen.

Mittausmahdollisuuksien huima kasvu pohjaa pitkälti lisääntyneeseen tietoon biologisten systeemien molekyyli-tason toiminnasta. Taustalla on myös genomisekvenssien pohjalta saatu tieto solujen sisältämistä molekyyleistä. Toisaalta potentiaaliset biologiset mittauskohteet ovat lisääntyneet, toisaalta biologisia molekyyliä (nukleiinihappoja, proteiineja, entsymaattisia reaktioita) voidaan hyödyntää reagensseina mittausmenetelmissä. Biologisten reaktioiden ja interaktioiden etuna on niiden spesifisyys, mikä mahdollistaa tarkkojen mittaus- ja diagnostiikkasovellusten kehittämisen. Esimerkkeinä aivan uudeltaisista, 10 viime vuoden aikana räjähdysmäisesti yleistyneistä mittausmenetelmistä ovat mm. genomitietoon pohjautuvat DNA-sirut, jotka mahdollistavat kaikkien organismin geenien ilmentymisen mittaamisen samanaikaisesti. Sirutekniikoista on lukuisia variaatioita ja lab-on-chip-kehelmiä biologisten interaktioiden ja reaktioiden mittaamiseksi.

Myös erilaisia fysikaalisia mittauslaitteistoja on kehitetty viime vuosina yhä sensitiivisemmiksi ja paremmin biologisten yhdisteiden mittaukseen soveltuviksi. Tällaisia ovat esim. massaspektometria, jonka avulla voidaan identifioida ja kvantifioida spesifisiä proteiineja ja metaboliitteja, fluoresenssiin perustuvat *in situ*

-menetelmät sekä erilaiset mikroskopiset ja kuvantamismenetelmät solujen ja kudosten 3D-havainnointiin (esim. position emission tomography PET, konfokaalimikroskopia) tai molekyyli-rakenteiden tai interaktioiden mittaukseen (esim. atomic force microscope AFM). Saadun datan käsittelyyn liittyy usein myös mallinnus- ja tiedonkäsittelyhaasteita.

Perustutkimus, erityisesti systeemibiologinen lähestymistapa, vaatii solun ”kaikkien” komponenttien yhtäaikaista kvantitatiivista mittausta, mikä asettaa suuria haasteita mittaustekniikoille ja tiedon käsittelylle. Diagnostiikassa ensisijaisena tarpeena on mitata spesifisesti ja sensitiivisesti vain muutamaa biomarkkeria. On kuitenkin oletettavaa, että myös diagnostiikassa tulee lisääntymään usean markkerin yhtäaikainen analyysi, jotta pystytään mittaamaan tarkemmin systeemin – ihmisen tai ympäristön – nykytilaa tai ennustamaan tulevaa kehitystä. Pyrkimys mitata solutoimintaa jopa yhden solun tasolla lisää tarpeita huippusensitiivisiin mittausmenetelmiin.

Tulevaisuudessa yleistyvät halvat ja kertakäyttöiset mittarit sekä mittalaitteet, jotka ovat helppokäyttöisiä ja kannettavia. Mittausdata voidaan siirtää langattomasti esim. kännykkään ja sieltä edelleen esim. lääkärille, tai teollisesta tuotantoprosessista suoraan prosessia ohjaavaan systeemiin.

Parempien ja nopeampien diagnostisten menetelmien kehittäminen voi oleellisesti vaikuttaa sairauksien hoitoon ja ennaltaehkäisyyn. Genomitietoon perustuvat menetelmät auttavat ennustamaan sairastumisriskiä, samoin kuin verestä tai muista kudoksista tehtävät biomarkkerianalyysit. Pyrkimys entistä yksilöllisempään ja spesifisempään lääkintään helpottuu, kun voidaan identifioida tarkasti lääkkeen kohdemolekyyli tai oikean lääkeannostuksen määrä. Tukena ovat fysiologista tilaa molekyyli-tasolla mittaavat analyysit. Analoginen lääketieteessä tapahtuvalle kehitykselle on nutrigenomiikka, jonka avulla pyritään tulevaisuu-



nessa analysoidaan ravinnon yksilölliset vaikutukset yksilön perinnölliseen taustaan perustuen. Samalla pyritään kehittämään mittareita ravinnon fysiologisten ja molekyyllitasoisten vaikutusten analysointiin. Nopeita mittausten menetelmiä tarvitaan myös infektio- ja pandemioiden seurantaan sekä eläin- ja kasvitautien monitorointiin. Tuotantokasvien tautidiagnostiikan kehittämisestä olisi suoraa hyötyä maataloudessa.

Menetelmien kehittäminen ympäristön tilan seurantaan on tulevaisuudessa yhä tärkeämpää, kun säännökset kiristyvät, saastumista pyritään vähentämään ja ilmaston muutoksista johtuen ekologinen tasapaino muuttuu. Maaperän mikrobiekologian monitorointiin tulee kehittää luotettavia menetelmiä sekä sellaisia menetelmiä, jotka mittaavat esim. mikrobien kykyä detoksifioida haitallisia yhdisteitä. On huomattava, että tämän tyyppiset diagnostiset menetelmät voivat olla huomattavasti helpommin kansainvälisesti kaupallistettavissa kuin esim. varsinaiseen maan tai vesistöjen puhdistukseen tarkoitetut menetelmät, jotka perustuvat aina vahvasti paikalliseen ekologiaan ja ilmasto-olosuhteisiin.

Elintarviketeollisuudessa tehokkaammat diagnostiset menetelmät varmistavat tuotteiden vaarattomuuden ja voivat auttaa tuotteiden ravintoarvon määrittämisessä. Myös biotuotannossa on tarvetta kattavampiin on-line- tai at-line-menetelmiin, jotka mittaavat entistä paremmin tuotto-organismien fysiologista tilaa tai tuotteen laatua. Mittauksen ja prosessikontrollin avulla tuotanto voidaan pitää jatkuvasti prosessin aikana optimaalisessa tilassa, muutokset tuottavuudessa ennakoida ja käytetty raaka-aineen määrä minimoida. Bioprosessien kontrollointi tulee oleellisemmaksi, kun enenevässä määrin siirrytään tuottamaan erityyppisiä tuotteita pitkälti muokatuilla organismeilla, joiden fysiologia poikkeaa totutusta. Kemikaaleihin liittyvä uusi lainsäädäntö (REACH) lisää tarvetta mitata kemikaalien vaikutuksia esim. solutasolla.

Mittausmenetelmien tarve ja teknologioiden kehitys sekä kaupallinen tarjonta ovat kasvaneet räjähdysmäisesti genomisekvenssoinnin seurauksena. Koska genomisekvenssointi tulee halventumaan merkittävästi uusien tekniikoiden myötä, myös genomitiedon määrä tulee kasvamaan rajusti. Mahdollisuus mitata edesauttaa systeemibiologista lähestymistapaa biologiaan, ja tämä tulee edelleen lisäämään tarvetta pystyä mittaamaan spesifisesti, sensitiivisesti ja useimmiten yhtäaikaaisesti yhä useampia biologisia komponentteja. Tutkimusreagenssit, kitit ja erilaiset sirut ovat ja tulevat olemaan merkittävä mahdollisuus yritystoimintaan. Mitattu data pyritään jalostamaan ymmärrykseksi niistä molekyyleistä, joita spesifisillä diagnostisilla menetelmillä tulee mitata. Kilpailu erityyppisten tutkimuksen tarpeisiin soveltuvien menetelmien, esim. sirutekniikoiden, kehittämisessä on kovaa, ja uusiin konsepteihin perustuvat menetelmät voivat nopeasti korvata olemassa olevat.

Mittaussovellusten määrä on periaatteessa rajoiton. Spesifisten mittauskohteiden valinnassa voidaan tukeutua hyvin pitkälti muualla maailmassa tuotettuun tietoon ja soveltaa sitä omaan menetelmäosaamiseen. Vaikka oma Suomessa tuotettu tieto tärkeistä mitattavien kohteiden tilaa kuvaavista biomarkkereista rakentaakin kokonaisuinnovaatioketjua, vähintään yhtä oleellista myytävien sovellusten kannalta on nimenomaan teknisten ratkaisujen erinomaisuus, jotta menetelmät olisivat kilpailukykyisiä sensitiivisyyden ja spesifisyyden suhteen ja laitteistot helposti käytettäviä ja edullisia. Mittaus- ja diagnostisten menetelmien kehitys on tyypiesimerkki poikkitieteellisestä sovel-lusalueesta, jossa kehitys on erittäin dynaamista ja jossa tulee yhdistää eri alojen huippuosaamista. Aihepiiri vaatii ymmärtämystä biologisen materiaalien käytäytymisestä, osaamista insinööri-tieteissä kuten mikromekaniikassa, nanotekniikoissa, optoelektronikassa ja muissa anturitekniologioissa sekä tietojenkäsittely-



tieteen soveltamista kompleksisen mittausdatan käsittelyyn.

Suomessa on hyvää erikoisosaamista monella tarvittavalla alueella. Viime aikoina on panostettu data-analyysiin ja myös nanoteknisten mittausmenetelmien kehittämiseen. Meillä on myös jo suhteellisen paljon mittaukseen ja diagnostiikkaan erikoistuvia yrityksiä esim. anturitekniikassa. Tämän osaamisen yhdistely biologisen datan mittaamiseksi luo merkittäviä mahdollisuuksia laajenevilla markkinoilla. On huomattava, että diagnostiikan ja mittauksen alalla sovellusten kehittäminen ja markkinoille saanti ei vaadi välttämättä hyvin pitkäaikaista tutkimuspanostusta, ja myytäviä menetelmiä ja laitteistoja voidaan kehittää asteittain. Täten ala eroaa selvästi esimerkiksi lääkekehityksen toimintamalleista ja aikajäniteistä.

Biologisen tiedon hallinta ja mallinnus

Biotieteissä on tällä hetkellä meneillään paradigman muutos, joka voidaan jäsentää kolmitahoiseksi mullistukseksi. Silmiinpistävin megatrendi on tiedon määrän raju kasvu, joka näkyi ensimmäiseksi genomiaineistoissa ja myöhemmin geenien ja solun toiminnan systeemitasoisien ns. high-throughput-mittausmenetelmien tuottamissa aineistoissa. Mittausaineistojen keräytymisen kanssa käsi kädessä on kulkenut biologian asteittainen muuttuminen kuvailevasta kohti kvantitatiivista tiedettä, mikä on edellyttänyt biologiseen materiaaliin sopivien analyttisten menetelmien kehittämistä. Kolmas mullistuksen osa on mahdollinen vasta, kun nämä kaksi edellistä ovat jo hyvässä vauhdissa: solujen molekyyylitason toiminnan kvantitatiivisen ymmärtämisen edistyminen, mikä vaatii kehittyneitä systeemitason matemaattisia mallitusmenetelmiä.

Tiedon määrän lisääntymisestä seuraa kahdenlaisia haasteita. Ensinnäkin jokainen kokeellinen laboratorio tarvitsee standardoituneita, tehokkaita ja luotettavia menetelmiä mittaustietonsa tallennukseen ja or-

ganisointiin. Tähän tarvitaan tietojenkäsittelytekniikkaa, sekä laitteistoja että ohjelmisto- että tietokantajärjestelmiä. Useimmat tekniset ratkaisut eivät vaadi uutta tietojenkäsittelyalan tutkimustyötä vaan vankkaa insinööryötä standardiratkaisujen kehittämiseksi ja valmiiden komponenttien räätälöimiseksi tarpeen täyttäväksi. Tämä avaa liiketoimintamahdollisuuksia ohjelmisto- ja laitteistoalalla.

Toinen tiedon lisääntymisen tuottama tarve on epäsuorempi: Sekä mittausaineistoja että taustatietoa, tieteellisiä artikkeleita ja niistä abstrahoitua kvantitatiivisempaa taustatietoa, tallennetaan suuriin tietokantoihin, joista suuri osa on julkisesti saatavissa. Tietokantojen kokoamisessa ja niihin liittyvien palvelujen tarjoamisessa on huomattava liiketoimintapotentiaali. Suomessa on hyödynnettävissä olevaa erityisosaamista mm. perinnöllisten tautien tutkimuksessa ja metsäalalla. Yleiskäyttöiset tietokannat ovat globaalisti käytettävissä, joten muilla kuin erityisaloilla Suomella ei ole erityisiä kilpailuetuja.

Koska iso osa tiedosta on yleisesti käytettävissä, tiedon käyttämisen kyvystä tulee keskeinen kilpailuekijä biotieteellisessä tutkimuksessa ja siihen perustavassa liiketoiminnassa. Tietokantojen hyödyntämisessä käytetään vielä useimmiten suhteellisen yksinkertaisia hakumenetelmiä, mutta informatiikkamenetelmien kehittyessä on odotettavissa tehokkaampia välineitä tiedon löytämiseen ja järjestämiseen ja lopulta tietokantojen monipuoliseen integroimiseen biotieteelliseen työhön. Tietokantoihin perustuvista maleista johdetuilla ennusteilla voidaan mm. ohjata koesuunnittelua diagnostiikassa, lääkeaineiden kehittämisessä ja bioprosessien muokkauksessa. Tällaisten suuriin tietokantoihin perustuvien menetelmien ja mallien kehityksessä tarvitaan kiinteää yhteistyötä laskennalliseen informatiikkatutkimukseen.

Bioalojen mullistuksen toinen aspekti, biologian muuttuminen kvantitatiiviseksi, vaatii vielä läheisem-



pää tieteenalojen välistä yhteistyötä. Genomisekvenssien selvittäminen on tunnetuin ja silmiinpistävin esimerkki tällaisen yhteistyön hedelmistä. Genomitieto on jo laajassa käytössä suuressa osassa biotieteitä, ja se ei sinänsä ole enää muutosvoima. Seuraava suuri askel seurannee, kun ymmärrys geenien tilannesidonnaisesta säätelystä ja vielä laajemmin solun systeemisestä toiminnasta kasvaa. Se mahdollistaa mm. täysin uudentyyppisiä menetelmiä diagnostiikkaan ja solun toiminnan muokkaamiseen. Uudet menetelmät perustuvat esimerkiksi tautitilojen mallinnukseen tai koko genomitietoon pohjautuviin matemaattisiin malleihin eliöiden metabolian säätelystä. Mitä lähemmäs tällaista "in silico" -biologiaa päästään, sitä parempia ennusteita voidaan tehdä hyvin laajaa sovellusten kirjoa varten, elintarvike- ja bioprosessiteollisuudesta lääketeollisuuteen.

Yleistä in silico -biologiaa ei nähtäne vielä vuoteen 2015 mennessä. Tärkeitä erikoistapauksia, esim. kattavia matemaattisia malleja mikrobisolujen metabolia- ja säätelyverkoista, saataneen kuitenkin ratkaistua jo siihen mennessä. Tällä hetkellä systeemibiologia on vielä käsitteenä sekava, mutta kovana ytimenä lienee tutkimusotteen muutos, joka seuraa uusien mittaus- ja mallinnusmenetelmien käyttöönotosta.

Ongelma on useaa kertaluokkaa vaikeampi kuin nykyisin yleinen genomitiedon suoraviivainen korrelointi havaittuihin ilmiöihin. Koska vielä ei tiedetä, mitkä menetelmät tuottavat alalla läpimurrot, on tärkeää välttää liikaa erikoistumista. Läpimurtoja varten tarvitaan joka tapauksessa kehittyneiden data-analyysi- ja mallitusmenetelmien ja uusien laaja-alaisten mittausmenetelmien liittoa biotieteellisessä tutkimuksessa. Mallituksessa tarvitaan laskennallisia ja tilastomatemattisia data-analyysi- ja mallitustyökaluja. Lisäksi automaatiotekniikassa (mm. prosessien hallinta) käytetyt matemaattiset menetelmät ovat tarpeen.

Yhteenvetona biologisen tiedon hallinta ja mallinnus ovat kriittisiä kilpailutekijöitä murroksessa oleviin biotieteisiin perustuvassa tutkimuksessa ja liiketoiminnassa. Tarvitaan yhteistyötä menetelmätieteiden ja -tekniikoiden kanssa jatkumolla, jonka toisessa päässä sovelletaan olemassa olevia tietokanta- ja tietojenkäsittelytekniikoita tiedon hallinnassa ja toisessa päässä kehitetään uudentyyppisiä menetelmiä systeemitasoinen ilmiöiden mallittamiseen. Alkupää jatkumosta voidaan hoitaa palvelutoimintana, mutta loppupää vaatii sekä biologian käynnissä olevaa muutosta kvantitatiiviseksi tieteeksi että siihen johtavaa koulutusjärjestelmän muutosta että aitoa tieteidenvälistä yhteistyötä.

Mallitus ja tiedonhallinta Suomessa

Suomessa ICT-ala on suhteellisesti vahva, ja sen sovelluspohjan laajentaminen voisi olla hyödyllistä. Synergiaeduilla voitaisiin auttaa bioinformatiikka-alan yritystoiminta nousuun, mikä taas olisi hyödyllistä bioalojen sovelluksille. Tällä hetkellä bioinformatiikka-ala kärsii vielä muna-kana-ongelmasta: Koska ei ole paljoa bio- ja lääkealan teollisuutta, ei tarvita bioinformatiikkapalveluja tarjoavia yrityksiäkään. Toinen tapa saada alan teollisuus nousuun olisi hahmottaa itse menetelmät ja niiden palvelutoiminta tutkimusryhmille selkeästi kaupallisiksi tuotteiksi.

Suomessa on useita laskennallisen ja tilastomatemattisen mallituksen ja data-analyysin akateemisia huippuryhmiä ja kilpailukykyinen laskentainfrastruktuuri (CSC). Synergiaa niiden kanssa kannattaa hyödyntää. Keskeinen kysymys synergiaetujen löytymisessä on käytettävien menetelmien yleispätevyys: jos kehitettyä algoritmia tai mallia voidaan soveltaa useilta aloilta tuleviin aineistoihin, synergiaedut on taattu. Tällaisia Suomessa vahvoja menetelmätyyppejä ovat mm. tiedon louhinta, kone-

oppiminen ja kehittyneet signaalinkäsittelymenetelmät.

Toisaalta voidaan argumentoida, että pienessä maassa kannattaisi keskittyä muutamaan erikoistuneeseen tutkimuskohteeseen, joilla olisi mahdollista päästä läpimurtoihin. Erikoistuneita malleja ja menetelmiä kannattaakin kehittää aloilla, joissa Suomessa biologinen ja lääketieteellinen tutkimus ja/tai liiketoiminta on vahvaa, esimerkkinä sairausgeenien periytyvyyden tilastomatemattinen analysointi. Haasteena erikoistuneissa menetelmissä on ylläpitää toimiva linkki menetelmätieteisiin, joka edistää innovaatioiden virtaa kumpaankin suuntaan.

Suosituksia

Kaikkien bioalojen tulisi pystyä käyttämään laajasti bioinformatiikkaa ja kvantitatiiviseen dataan perustuvia menetelmiä. Tarvitaan sekä koulutuksen uudistamista näitä oppiaineita lisäämällä että standardoituneiden perustiedonhallintamenetelmien laajaa käyttöä biotieteellisessä tutkimuksessa, aina solutasosta ekologisiin systeemeihin saakka. Suurissa tutkimuslaitoksissa voidaan perustaa erityisiä tiedonhallinta- ja bioinformatiikkayksiköitä, mutta on huolehdittava myös ruohonjuuritason yritystoiminnasta esimerkiksi suosimalla palveluyritysten käyttöä.

Tietokannat tulevat olemaan keskeisessä asemassa. Luonnollisia keihäänkärkiä ovat aineistot, joissa Suomella on kilpailuetua. Tällaisia ovat perinnölliset sairaudet ja toisaalta kattavat väestörekisteritiedot, jotka mahdollistavat pitkän aikavälin seurantatutkimukset. Myös metsäalalla lienee ainutlaatuisia tietoja.

Olemassa olevat bioinformatiikan menetelmät eivät riitä ratkaisemaan tulevia haasteita: Globaalisti saatavissa olevan tietokantatiedon tehokasta hyödyntämistä yleisesti ja toisaalta solujen systeemitason toiminnan ymmärtämistä, mallittamista ja ennustamista. Näiden ongelmien ratkaisusta seuraisi täysin

uudentyyppisiä liiketoimintamahdollisuuksia useilla aloilla bio- ja lääketieteestä bioprosessiteollisuuteen. Ratkaisuun tarvitaan aitoa yhteistyötä bio- ja menetelmätieteiden välillä, missä kannattaa hyödyttää synergiaetuja Suomen vahvan ICT-klusterin ja alan akateemisten huippuyksiköiden kanssa. Mahdollisia keihäänkärkialoja voisivat olla esimerkiksi modernit tiedon louhintaja signaalinkäsittelymenetelmät sekä bayesiläiset tilastomatemattiset mallitusmenetelmät. Keihäänkärkialoja voivat olla myös modernit tiedonhaku- ja informatiikkamenetelmät.

Yhteistyötä voidaan edistää joko perustamalla erityinen bioinformatiikkainstituutti tai lisäämällä alojen välistä yhteistyötä hajautetummin. Kumpi tahansa valitaankin, yhteistyön on oltava aidosti monitieteistä, jotta synergiaedut saadaan käyttöön.

Alan teollisuuden erityisenä haasteena on tällä hetkellä muna-kana-ongelma: Ilman soveltavaa yritystoimintaa ei tarvita bioinformatiikan palvelutoimintaa, jota ilman puolestaan olemassa olevat bioalaa soveltavat yritykset eivät saa täyttä hyötyä uusista menetelmistä. Alan sijoitustoimintaa suunniteltaessa on syytä ottaa huomioon, että ruohonjuuritasoa tarvitaan synnyttämään uusia kasvukykyisiä ideoita.

Tieteitten välinen synergia ja uudet tieteenalat

Molekyylibiologian ja geeniteknikan kehitys 20 viime vuoden aikana on johtanut uusien tieteenalojen syntyyn. Niiden pohjalta on perustettu professuureja, tutkimusinstituutteja ja kansallisia tutkimusstrategioita. Tämä kehitys johti myös uuteen liiketoimintaan, joka perustuu mm. molekyylibiologisten komponenttien ja mittauslaitteistojen myyntiin. Rakenteellisen ja toiminnallisen genomitiedon saatavuus on edelleen kiihdyttänyt tieteen kehitystä ja erittäin nopeasti johtanut sovellusmahdollisuuksiin kaikilla biologisilla aloilla kuten lääketieteessä, teollisessa biotekniikassa sekä elintar-



viketuotannossa. Seurauksena on myös ollut tarve yhdistää toisilleen vieraampia tieteenaloja, kuten tietojenkäsittelytieteen keinoja, biologisen (genomi)tiedon analysointiin. Tästä synergiasta syntyneet uudet tieteenalat, bioinformatiikka ja systeemibiologia, ovat edelleen edesauttaneet kehitystä, jossa tutkimuksen tulokset hyödynnetään erittäin nopeasti aivan uudentyyppisessä yritystoiminnassa.

Biologiaa ei pyritä yhdistämään ainoastaan muihin jo vakiintuneisiin aloihin vaan erityisesti uusimpiin saavutuksiin muilla aloilla tai uusiin orastaviin tieteenaloihin. Monen tieteenalan yhtäaikaan huima kehitys on johtanut siihen, että on syntynyt lukemattomia mieltä kiehtovia mahdollisuuksia yhdistellä tutkimuksen saavutuksia. Esimerkkejä tästä ovat mm. bionanotekniikka tai bio-MEMS, jossa biologisia komponentteja liitetään osaksi mikroelektronikan laitteistoja. Tällaisina voitaneen pitää myös esimerkiksi nutrigenomiikkaa, jossa yhdistyvät genomiikka ja ravitsemustiede, sekä biologisia komponentteja ja epäorgaanisia laitteita tai materiaaleja yhdisteleviä ”robotiteknikoita”. Biotieteet tulevat integroitumaan muihin tieteenaloihin enenevässä määrin ja vaikuttavat laajasti yhteiskunnan eri aloilla.

Pienenä maana Suomen ongelmana on pystyä takaamaan resurssit, jotta me putoa kelkasta näiden uusien alojen kehittyessä. Juuri eri alojen rajapinnoille uskotaan syntyvän uusia sovellusmahdollisuuksia, joista 10–20 vuoden kuluessa voi syntyä merkittävä uutta liiketoimintaa ja jotka ohjaavat jatkossa merkittävästi tieteen ja tekniikan kehitystä. Vahvassa murrosvaiheessa kehityksen suunta saattaa olla kuitenkin vaikeasti nähtävissä ja potentiaalisimpia sovelluskohhteita vaikea ennustaa. Lisäksi usein vaaditaan mittavia tutkimuspanostuksia ja kalliita laitteistoja, jotka vanhenevat nopeasti.

Suomen selviytymisstrategiana on erityisesti panostaa huippuosaamiseen. Tällöin on tärkeää panos-


taa myös tieteen ja teknologian globaaleihin ”trendeihin” sekä ”vapaaseen” tutkimukseen, koska pelkkiin (tämänhetkisiin) kansallisiin vahvuuksiin tukeutuminen ei tuota tulevaisuudessa riittävästi myytävää kansainvälisille markkinoille. Erityisesti kun on kyse uusista tieteenaloista on suuri haaste pystyä tasapainottelemaan resurssien fokusoinnin ja tulevaisuudelle oleellisen uuden osaamisen kehittämisen välillä.

Tutkimusrakenteiden ja rahoitusmuotojen tulisi pystyä nopeasti tukemaan uusia tärkeitä katsottavia aiheita. Rahoitusmuotoja tulisi olla useita, ja niiden avulla pitäisi pystyä luomaan riittävän suuri ja riittävän pitkäjänteinen rahoitus panostusalueille. Uutta osaamista tulisi saada Suomeen tutkijavaihdon ja erityisesti erikoisprofessorien avulla. Monitieteistä tutkimusta tulisi tukea ja dynaamista huippuyksikkömallia kehittää. Pienessä maassa ongelmana on myös, että tärkeät kansainvälisiä kärkeä olevat erityisosaamiset ovat muutamien tutkijoiden varassa. Tulisi pystyä varmistamaan osaamiseen jatkumo tai sen suuntaaminen tarvittaessa muiden merkittävien tutkimuskohteiden tueksi.

Uusina alueina, joissa muiden tieteenalojen tietämys yhä vahvemmin jatkossa yhdistyy biotieteisiin ja jotka eriytyvät omiksi erikoisaloikseen, voidaan nähdä esimerkiksi:

- biologisen tiedon mallinnus matematiikan/tietojenkäsittelytieteen keinoin; systeemibiologia
- kemiallinen biologia
- bioenergetiikka, -elektronikka ja biofysiikka
- bionanotekniikka
- biomimetiikka
- bioekonomiikka ja -elinkaarianalysit

Systeemibiologiaan oleellisena osana sisältyvä solutoimintojen matemaattinen mallinnus edellyttää biologisilta mittauksilta toistettavuutta ja kvantitatiivisuutta. Tämä liitettyä insinööritieteille ominaiseen materiaa-



li-, energia- ja kokonaistaseajatteluun vie biologian enenevässä määrin ”eksaktimpaan” suuntaan. Fysiologinen säätely ja homeostasia tulee pystyä yhdistämään molekyylibiologiseen tietoon yhä paremmin. Miniatyrisointi ja nanotekniikka vaativat molekyylien toiminnan hallintaa in vitro ja ymmärrystä molekyylien välisistä vuorovaikutuksista sekä epäorgaanisten ja orgaanisten materiaalien välisistä rajapintailmiöistä.

Opetuksessa tulisi painottaa vahvaa ymmärrystä luonnontieteitten perusteissa. Tämä on erittäin tärkeää nyt, kun biotieteitten perustutkimuksen kärki suuntautuu pois perinteisestä molekyylibiologiasta, ja esimerkiksi erityisesti nanobiotekniikan ja materiaalitieteitten sovellukset edellyttävät fysikaalisten ja kemiallisten perusilmiöiden ymmärtämistä. Ympäristön muutoksiin ja kestäväen kehityksen haasteisiin vastauksen vaatii biotieteilijöiltä enenevässä määrin myös systeemijattelua ja syy–seuraus-vuorovaikutussuhteiden hahmottamista globaalilla tasolla. Opiskelijoiden tulisi myös saada hyvä kuva tieteitten kehityksen dynamiikasta ja ymmärrys monitieteisyyden mahdollisuuksista ja sovelluspotentiaalista. Tehokkaimmin tähän tavoitteeseen päästään monimuotoisissa koulutus- ja tutkimusyhteisöissä, joissa opiskelijoilla on luonteva ja aktiivinen yhteys myös biotieteitä soveltaviin yrityksiin. Opintokokonaisuus tulisi pystyä rakentamaan mahdollisimman vapaasti eri laitosten ja tieteen alojen opetusta ja tutkimusta hyödyntämällä. Suurena haasteena on, miten varmistaa nuorten kiinnostus luonnontieteellistä tutkimusta kohtaan jatkossa.

Vanha jako yhden tieteenalan laitoksiin ja tutkimusinstituutteihin ei enää palvele tarvetta tieteiden väliseen synergiaan ja dynaamisten, uusiin tieteellisiin saavutuksiin tai innovaatioihin kannustavien ympäristöjen luomiseen. Maailmalla onkin synnytetty uusia monitieteisiä instituutteja sekä virtuaalilaitoksia, joissa

pyritään olemassa olevien resurssien puitteissa luomaan mahdollisuuksia tieteiden väliseen kommunikaatioon ja yhteisten tavoitteiden määrittelyyn. Vaikka sähköisellä tiedonvaihdolla ja internetillä onkin merkittävä rooli tutkijoiden ja muiden toimijoiden välisessä informaation siirrossa, suora vuorovaikutus on tärkeää. Haasteena on luoda toimintamalleja ja -ympäristöjä, joissa on riittävästi kriittistä massaa ja monimuotoisuutta, jotta vuorovaikutus pystyy syntymään todellisten yhteisten tarpeiden ja innostuksen pohjalta mutta joissa vältetään liiallista byrokratiaa ja ohjausta. Näissä toimintamalleissa ja -ympäristöissä myös pystytään jatkuvaan, itse tutkimus- ja kehitystyön tarpeista lähtevään uusiutumiseen. Suomen kokoisessa maassa tällaiseen osaamiskapasiteetin mahdollisimman laajaan hyödyntämiseen lienee hyvät mahdollisuudet.

Olisi luotava ympäristöjä, joissa biotieteilijät, insinöörit, matemaatikot, humanistit, yritysten t&k-väki ja niin edelleen pystyvät luontevaan ajatustenvaihtoon laitos- tai tiedekuntarajoista riippumatta. Yliopistojen, tutkimuslaitosten ja yritysten on muodostettava interaktiivisia tutkimusyhteisöjä. Esimerkiksi tutkimuslaitokset pyrkivät tällä hetkellä sisäisten synergiaetujensa maksimoimiseen uudistamalla organisaatiokenteita ja toimintamallejansa. Myös yliopistoilla on niitten omista lähtökohdista pohjautuvia keskustelujayhteisistä opetuksesta tai toiminnasta – esim. Helsingin seudulla tehdään yhteistyötä Viikin biokeskuksen, Teknillisen korkeakoulun, Kauppakorkeakoulun ja Taide-teollisen korkeakoulun välillä. Uuden molekyylibiologian keskuksen perustaminen on meneillään, ja muutaman, tärkeitä elinkeinoelämän ja yhteiskunnan aloja tukevien kansallisten osaamiskeskittymien perustamista hahmotellaan. Tämän tyyppistä jo meneillään olevaa kehitystä on yhä vahvistettava pitäen tulevaisuuden tarpeet lähtökohtana.



Innovaatioiden hyödyntäminen kaupallisesti

Biotekniseen tutkimukseen on viime vuosina käytetty ja edelleen käytetään huomattavia määriä resursseja sekä Suomessa että muualla. Viime vuosina tehdyt innovaatiot biotekniikan alueella ovat johtaneet merkittävään uuteen liiketoimintaan maailmalla. Suomi on halunnut osallistua tämän tiedon hyödyntämiseen, koska sen nähdään avaavan mahdollisuuksia uuden liiketoiminnan synnyttämiseen Suomessa sekä myös siksi, että näin monet Suomelle tärkeät teollisuudenalat voivat parantaa kilpailukykyään tehokkaasti.

Bioteknologia on tieteenala, jonka sovellutuksia voidaan hyödyntää monilla teollisuuden aloilla ja myös palvelualoilla. Näkyvimmit merkittävät sovellutukset löytyvät lääketeollisuuden piiristä, missä suuria uusia yrityksiä, kuten Amgen ja Genentech, on syntynyt puhtaasti tämän teknologian pohjalta. Uutta tietoa on kuitenkin hyödynnetty laajalti myös esimerkiksi diagnostiikassa. Entsyymitekniologia on johtanut uusien tehokkaampien pesuaineiden kehittämiseen, uudet siirtogeeniset kasvit ovat siirtymässä laajamittakaavaiseen viljelyyn, fossiilista polttoaineista valmistettuja tuotteita pyritään korvaamaan uusiutuvista luonnonvaroista saatavilla tuotteilla jne. Lista jo olemassa olevista sovellutuksista ja mahdollisista tulevista sovellutuksista on erittäin pitkä.


Suomessa käydään parhaillaan vilkasta keskustelua bioteknisten sovellutusten hyödyntämisestä. Tämä keskustelu osoittaa hyvin, että viime vuosien investoinnit ovat johtaneet tuloksiin, jotka antavat pohjan myös kaupallistamistoimenpiteille. Uusien innovaatioiden kaupallistaminen on kuitenkin koettu monessa tapauksessa vaikeaksi. Suomelta puuttuu merkittävä lääketeollisuus, joka pystyisi arvioimaan eri innovaatioita ja auttamaan niiden kaupallistamisessa. Suomen suppea lääketeollisuus ei myöskään tarjoa

kovin hyvää pohjaa sellaisten henkilöiden kouluttamiseksi, jotka pystyisivät tehokkaasti kaupallistamaan uusia innovaatioita. Suomen perusteellisuus, jolla olisi kaupallista osaamista ja taloudellisia resursseja, on hyvin investointivaltaista. Tällöin uusien innovaatioiden hyödyntäminen on hidasta ja hankalaa.

Tulevaisuuden kilpailukyvyyn kannalta on tärkeää ymmärtää bioalan pitkäjänteisyys, jotta ei tehdä hätiköityjä johtopäätöksiä lyhytaikaisista suhdannevaihteluista. Investointien kohteita ja strategiaa kannattaa muokata, mutta alalle investoinnin tulokset näkyvät laajassa mitassa vasta huomattavalla viiveellä.

Kaupallistaminen voi tapahtua uuden perustettavan yrityksen kautta. Suomeen syntyvän uuden yrityksen kautta voidaan lisätä työllisyyttä sekä usein varmistaa, että tuotanto ja kaupallinen hyöty tulevat Suomeen. Osaamisen ja rahoitusratkaisujen takia tämä ei ole läheskään aina tehokkain tapa innovaation hyödyntämiseen. Vaihtoehto on innovaation lisensointi olemassa olevalle yritykselle joko kotimaassa tai ulkomailla. Kotimaisia vaihtoehtoja on valitettavan vähän. Innovaation lisensointi ulkomaiselle yritykselle on usein ainoa vaihtoehto. Tällöin tulisi erityistä huomiota kiinnittää siihen, että innovaatiosta syntyvästä kokonaisuudesta kohtuullinen osa palautuu Suomeen. Mitä aikaisemmassa vaiheessa tällainen lisensointi toteutetaan, sitä vaikeampi on saada merkittävää osaa hyödystä Suomeen. Julkista tukea projektille tulisi jatkaa niin pitkään, että innovaation arvo voidaan kohtuullisella tarkkuudella määrittää. Tämä yleensä edellyttää vahvojen patenttien hakemista ja lääkkeistä puhuttaessa vähintään faasi 1 -tuloksia tai vielä mieluummin ainakin alustavia faasi 2 -tuloksia.

Merkittävien kaupallisten innovaatioiden syntymisen edellyttää usein pitkäjänteistä rahoitusta suhteellisen suppealle alueelle. Tällöin voidaan päästä johtavaan asemaan maailmassa, ja tämä mahdollistaa mer-



kittävien uusien innovaatioiden syntyminen. Tällaisten painopistealueiden määrittäminen on erittäin tärkeää. Usein pätevien tutkijoiden kiinnostus tiettyyn tutkimusalueeseen on paras tae tuloksellisesta tutkimustoiminnasta. Tehokas innovaatiotoiminta edellyttää vastuullisten tutkijoiden vahvaa sitoutumista.

Hyvä tutkija on harvoin myös hyvä kaupallistaja. Uusien innovaatioiden arviointi ja kaupallistaminen pitäisi pystyä toteuttamaan niin, että se mahdollisimman vähän häiritsee varsinaisen tutkimuksen tekemistä. Tähän liittyy monia vaikeita ongelmia alkaen innovaation havaitsemisesta. Milloin tutkimustulokset antavat riittävän pohjan uudelle innovaatiolle, uudelle patentille? Tiedepuisto-osaamiskeskusrakenteita tulisi vahvistaa niin, että niiden kautta voitaisiin tällaista arviointia tehdä jatkuvasti. Erittäin tärkeää on, että innovaatioista mahdollisesti saatava hyöty jakaantuu tasapuolisesti innovaatioiden tekijän, kaupallistamista hoitavan tahon ja rahoittajien kesken. Tällaisista asioista tulisi etukäteen selvästi sopia. Tämä lisäisi tutkijoiden kiinnostusta innovaatioiden kaupallistamiseen ja varmistaisi, että heidän osallistumisensa tähän prosessiin on kiinteää.

Kaupallistaminen voi kohdistua uuteen tuotteeseen mutta myös diagnostiseen menetelmään, tutkimusmenetelmään tai jopa uuden palvelukonseptin kehittämiseen. Tulosten arvioinnissa on tärkeätä, että kaikki nämä mahdollisuudet ovat mielessä. Tulosten kaupallistaminen muuna kuin lopputuotteena – varsinkin uutena lääkkeenä – on usein erittäin paljon nopeampaa ja halvempaa. Kaupallistamisessa tulisi ottaa huomioon Suomessa syntyneiden tutkimustulosten ohella myös muualla syntyneet innovaatiot. Tällaisten innovaatioiden hyödyntäminen edellyttää kykyä seurata kehitystä maailmassa. Tämä on usein mahdollista

vain suhteellisen suppealla alueella ja edellyttää tämän alueen vahvaa osaamista Suomessa.

Yhtenä rajoituksena kaupallistamisessa on pidetty riskipääoman vähyyttä. Suomalaista riskirahaa biotekniikkainnovaatioille on varsin vähän. Etenkin uusien lääkeaineiden kaupallistaminen edellyttää yleensä kymmenien tai jopa yli sadan miljoonan euron investointeja. Toisaalta tiedetään, että vain pieni osa esimerkiksi faasi 2 -vaiheeseen päässeistä lääkkeitä lopulta päätyy markkinoille. Tämä tekee lääkeaineiden kehittelystä erittäin riskialttiin toiminnan. Ulkomaisen riskirahan saaminen Suomeen on periaatteessa mahdollista mutta on tähän mennessä osoittautunut vaikeaksi. Tämä johtuu varmasti monesta tekijästä, mutta vahvan kaupallistamisosaamisen puuttuminen on varmasti yksi merkittävä tekijä. Toisaalta sijoitusmahdollisuuksia on runsaasti sijoittajille tutummilla maantieteellisillä alueilla, joten kynnys sijoittaa Suomeen on varsin korkea. Myös monelle kotimaiselle riskisijoittajalle suomalaisuus on vain marginaalinen tekijä investointimahdollisuuksia arvioitaessa. Voiton maksimointi menee kansallisten etujen edelle. Kansainvälisesti tunnettujen tämän alan osaajien saaminen suomalaisen yritysten hallituksiin voisi olla keino madaltaa investointikynnystä

Kun mietitään uusien innovaatioiden kaupallistamista, tulee huolellisesti arvioida eri toimintamalleja. Onko uuden yrityksen perustaminen todella tarpeen ja mielekäästä? Rahoitusrakenteet Suomessa ovat puoltaneet uusien yritysten synnyttämistä myös tilanteissa, joissa teknologiapohja on aivan liian kapea uudelle yritykselle. Toisaalta yrityksiä on perustettu pienen alkupääoman varaan huomioimatta sitä, että jatkorahoitustarve on monin verroin suurempi.



Arvioitaessa uuden innovaation kaupallistamista on selvitettävä

- a. Onko innovaatiopohja riittävän laaja ja tukeva uudelle yritykselle
- b. Mikä on rahoitustarve keskipitkällä aikavälillä ja kuinka se varmistetaan ja
- c. Mihin pisteeseen saakka yritys on innovaatiota kehittämässä ja mitä sen jälkeen.

Nykyiset ongelmat liittyvät usein siihen, ettei alun perin osattu arvioida rahoituksen kokonaistarvetta. Tämä on johtanut tilanteeseen, jossa monen pienen yrityksen johdon tärkein tehtävä on rahoituksen saaminen eikä itse liiketoiminnan kehittäminen. Alkupää-

oman myöntäminen yritykselle ilman, että varmistetaan riittävä liiketoiminnallinen osaaminen, johtaa epäonnistumisiin.

Suomessa on tällä hetkellä hieman yli sata biotekniikka-alan yritystä. Joukossa on useita hyvin menestyneitä yrityksiä mutta myös valitettavan monta jatkuvissa rahavaikeuksissa kamppailevaa yritystä. Yrityskentän rationalisointi on varmaan tarpeen tilanteen vaukuttamiseksi. Vahvaan teknologiapohjaan perustuvia yrityksiä tulisi tukea uusien rahoitusmuotojen kehittämällä. Uudet yritykset ovat myös merkittävä tekijä uusien työpaikkojen luonnissa. Etenkin tuotannollisten yritysten työllisyysvaikutus on usein pitkäkestoinen ja vakaa aloilla, joka pohjaavat vahvaan osaamiseen.



FINNSIGHT 2015



7. Tieto ja viestintä

Puheenjohtajat

Lauri Carlson, Helsingin yliopisto

Kari-Pekka Estola, Nokia Research Center

Panelistit

Ralph-Johan Back, Åbo Akademi

Seppo Borenius, Tellabs Oy

Katrina Harjuhahto-Madetoja, Valtioneuvoston kanslia

Juha Hyyppä, Geodeettinen laitos

Helene Juhola, Viestinnän keskusliitto

Kalervo Järvelin, Tampereen yliopisto

Raimo Korhonen, Avantone Oy

Heikki Mannila, Tietotekniikan tutkimuslaitos HIIT,

Teknillinen korkeakoulu ja Helsingin yliopisto

Mikko Sams, Teknillinen korkeakoulu

Kirsi Valtari, Elisa Oyj

Muutostekijät

Globalisaatio, tavallistuminen, mukavoituminen

Monissa kehittyvissä maissa tuotanto-osaaminen kasvaa vauhdikkaasti, mutta kehitys on voimakasta myös tutkimus-, kehitys- ja liiketoiminnassa (brandit). Kehittyvissä maissa on paljon väkeä, joten osaamista on määrällisesti paljon ja kotimarkkinan koko suuri. Kehitystä vauhdittavat osaamisen nousu ja alhainen kustannustaso, toisaalta sitä voi hidastaa palkkatason yllättävänkin nopea nousu. Tästä on esimerkkejä mm. joistakin Itä-Euroopan maista sekä Pietarin seudulta.

Monet ennen vaikeat asiat "tavallistuvat" niin, että niitä voidaan tuottaa halvalla missä tahansa. Esimerkkejä tästä ovat elektroniikkasuunnittelu ja ohjelmistosuunnittelu. Etenkin "vanhassa Euroopassa" ihmiset mukavoituvat. Halu ja tarve ponnistella oman tulevaisuuden hyväksi vähenevät, kun elintaso on korkea, turvaverkot vahvat ja kannustimet rajoitetut.

Uhkana on, että valmistavan teollisuuden lisäksi myös vaativimmat työt, kuten tutkimus- ja kehitystoiminta ja myös yrityksen koko liiketoiminta, siirtyvät Suomesta enenevässä määrin muualle. Työpaikat vähenevät joka tapauksessa automaation ja tehostamisen kautta. Toisaalta joudutaan miettimään erikoistumista, joka voi tuottaa uusia innovaatioita ja pidemmän tähtäimen menestystä.

Viestintäsektorilla osa tuotannollisesta toiminnasta voidaan joutua siirtämään halvemman kustannustason maihin, ellei ala pysty kehittämään kilpailukykyään. Globaali kilpailu asettaa aivan uusia haasteita perinteisesti kansalliselle toimialalle. Henkilöstön ikääntymisen aiheuttama murros huonosti hoidettuna voi nopeuttaa tätä kehitystä. Hyvin hoitamalla eli toimintoja ja organisoimista kehittämällä sitä voidaan hidastaa.

Tutkimus- ja kehitystoiminnalle tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että innovaatioita on lisättävä niillä

alueilla ja tasoilla, joilla voidaan muuttuvissa oloissa saavuttaa ylivertaista lisäarvoa. Kilpailukykyä parantavalle tutkimus- ja innovaatiotoiminnalle on tarvetta. Tämä koskee sekä tuotannollisia innovaatioita että tuote- ja palveluinnovaatioita.

Viestinten tekninen konvergenssi

Tekninen konvergenssikehitys merkitsee, että tietoliikenneverkot ja päätelaitteet yhdentyvät. Samoissa tietoverkoissa voi liikkua niin data, ääni kuin kuvakin. Vastaavasti eri päätelaitteilla voidaan ottaa vastaan, käsitellä ja lähettää hyvin erilaisia sisältöjä. Muutos näkyy mm. digitaalisen sisällön ja sisällöntuotannon lisääntymisenä, mikä mahdollistaa aivan uudenlaiset globaalit markkinat.

Mobiilius lisääntyy väistämättä. Tämä koskee sisällön vastaanottoa, sisällöntuotantoa ja myös työn organisoimismalleja. Mitään erityisiä hidasteita tekniselle konvergenssikehitykselle ei ole näköpiirissä. Riskinä on liiallinen, lähinnä EU-tasoinen pyrkimys reguloida tätä väistämätöntä kehitystä. Edessä voi olla myös kansainväliseen standardointiin liittyviä ongelmia.

Tekninen konvergenssikehitys mahdollistaa aivan uudenlaiset innovaatiot ja todellisen digitaalisen valankumouksen. Se edellyttää kuitenkin myös vahvaa panostusta kuluttaja/käyttäjäkokemukseen liittyvään tutkimukseen. Muutos vaatii uudenlaista ajattelua. Sen sijaan, että puhumme tv-tuotannosta, internet-sisällöistä, digitaalisesta mediasta jne., meidän tulisi alkaa puhua digitaalisesta sisällöntuotannosta ja sen jakelusta eri päätelaitteisiin. Lisäksi tekninen konvergenssi mahdollistaa enenevässä määrin uus/pienryhtäjäyden, koska digitaalisia sisältöjä ja palveluita voidaan jaella edullisesti kansainvälisesti. Tämä avaa aivan uudenlaisia markkinoita.

Vuoteen 2015 mennessä olennainen osa puheesta kulkee dataverkoissa. Tämän mahdollistaa teknologian kehittyminen, kaistan kasvu sekä ihmisten käyt-



täytyminen. Käyttäjillä ei kuitenkaan ole halua maksaa puheesta nykyisiä hintoja. Tietoliikenneverkon rakenne muuttuu olennaisesti. Erityisesti monen operaattorin toiminta hankaloituu, kun perinteinen, kannattava mobiiliverkon ja kiinteän verkon liiketoiminta vähenee ja korvaantuu äärimmäisen kilpailulla ja usein tasalaskutus- eli flat rate -perusteisella hinnoittelulla. Muutos vaatii toimijoilta paljon. Tutkimus- ja kehitystoimintaa tarvitaan uusien verkkojen ja ehkä etenkin niiden kustannustehokkaan hallinnan (vähäiset opex- eli käyttökulut) alueilla. Televisiolähetykset siirtyvät dataverkoihin, ja tilausvideo- ja -viihdepalvelut lähtevät lentoon. Tämä aiheuttaa jyrkän kasvun tarvittavassa kais-tassa. Uusia sovelluksia syntyy, ja niiden tarjonta laajenee interaktiivisen viihteen alueella. Perinteinen tv-toiminta menettää merkitystään, kun ”lähetysaika- ja” on enää vain oikeasti reaaliaikaisuutta vaativilla tapahtumilla (esim. urheilukisat). Mainonta joutuu murrokseen, kun ”mainosten yli voi hypätä”. Tutkimus- ja kehitystoiminta lisääntyy näillä alueilla.

Elektronisen median avulla puhe on palannut ensisijaiseksi etäisyysistä riippumattomaksi viestintämuodoksi välittömässä viestinnässä. Seuraava askel on se, että puhetiedon tallennus, haku ja automaattinen käsittely paranevat, ja puhe lähestyy kirjallista viestintää myös tiedon tallennuksen muotona. Vähitellen puhe ja kirjoitus tulevat tasavertaisiksi medioiksi puheentunnistuksen ja puhesynteesin avulla.

Englanti korvaa kotimaisia kieliä myös puhekulttuurissa entistä enemmän. Pienen kielialueen kyky ylläpitää omaa kulttuuria vaikeutuu. Haaste on pysyttää kansallinen kieli- ja puheteknologia ja tuotekehitys tämän kehityksen mukana. Korkean teknologian maana Suomella on mahdollisuus myös johtaa kehitystä tällä alueella.

Tällä hetkellä painopaperimarkkina on reilusti suurempi kuin näyttömarkkina, kun kokoa mitataan rahassa. Näyttömarkkinat kuitenkin kasvavat huomattavasti

nopeammin kuin painopaperimarkkinat, joten vuonna 2015 ne ovat ylittäneet painopaperimarkkinat. Näyttöjen suurin etu painopapereihin nähden on sisältöjen nopea päivittyminen. Näyttöjen yleistymistä hidastavat niiden raskas rakenne, energiantarve ja huonot luettavuusominaisuudet. Markkinoille tulevat uudet näyttöteknologiat keventävät näyttöjä ja parantavat niiden luettavuutta, mutta samalla kärsivät hyvät ominaisuudet, kuten päivitysnopeus. Uudet näyttöteknologiat hakevatkin ensimmäisiä markkinoita päivittyvien kylt-tien alueelta, jolloin hidas päivitysnopeus ja pieni resoluutio riittävät.


Joustavien näyttöjen yleistymisen voi johtaa painopaperin kysynnän pienentymiseen, mikä vaikuttaa merkittävästi suomalaiseen paperiteollisuuteen.

Viihde- ja elämysteollisuuden kasvu

Etenkin nouret ihmiset hakevat yhä voimakkaampia elämyksiä entistä nopeammin ja aiempaa helpommalta. Elämyksiä haetaan verkoista ehkä aivan uusillakin tavoilla. Matkailun merkitys elämysten tuottajana kasvaa. Ihmiset tulevat liikkumaan enemmän – ehkä myös virtuaalisesti.

Elämysteollisuus luo uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä tarvittavan teknologian että itse sisällön alueilla. Tutkimus- ja kehitystoiminnan tulee tukea näitä muutoksia. Sisällön puolella Suomen ongelmana on kotimarkkinan pienuus.

Broadcast- ja internet-sisältöjen raja hämärtyy, esimerkiksi mobiili-tv DVB-H. Sisältöjen kuluttaminen, tuotanto ja jakelu eri medioissa ovat ”eriarvoisia” lainsäädännön kannalta. Viihde ja sisällöt täytyy tuottaa Kaukoidässä ja jakaa internetissä, jotta tekijänoikeussäädökset eivät pääse estämään uuden interaktiivisen median jakelua. Vuonna 2015 lähes kaikilla teollisuusmaiden asukkailla on käytettävissään langaton monikielinen multimedia monenlaisissa päätelaitteissa. Tämä johtaa sekä työnteon että arjen organisoiminnin



merkittäviin muutoksiin. Työyhteisöjen toimintaa voidaan hajauttaa maantieteellisesti ja ajallisesti. Työn alihankinta globaalisti yksinkertaistuu ja siten lisääntyy. Myös suomalaiset toimivat enenevästi alihankkijoina ulkomaisissa hankkeissa. Langattoman monikielisen multimedian tutkimukseen tulee panostaa.

Verkkopohjainen yhteiskunta

Yhteiskunnan toiminnot, tiedotus ja palvelut siirtyvät yhä enemmän internet-pohjaiseen verkkoon, joka on koko ajan kaikkien saatavilla. Verkkoyhteiskunta tulee jo ennen vuotta 2015. Muutoksen edistäjinä ovat teknologian kehitys ja verkon käyttömukavuus ja nopeus kaikkiin muihin kommunikointitapoihin verrattuna. Muutosta saattavat hidastaa lähinnä tekniikassa ja verkon sosiaalisessa käytössä ilmenevät epäkohdat, kuten rikollisuus, tietoturva-vaarat, verkon laajamittainen väärinkäyttö sekä verkkotoiminnan epävarmuus ja epäluotettavuus.

Asiointi ja kaupankäynti siirtyvät verkkoon. Yritysten ja julkishallinnon palveluprosessit määritellään uudelleen siten, että voidaan saavuttaa itsepalvelun ja palveluautomaation hyödyt. Palvelut ovat laajassa mittassa digitalisoituneet, ja yksilön toimintaa (tämän käyttämiä palveluja, ostoksia, terveydentilaa, maksuja) koskevien tietojen keruu on laajaa ja rutiininomaista. Tämä sallii yksilöjä koskevien tietojen yhdistelyn ja louhinnan sekä ryhmiä koskevien profiilien laajan rakentamisen. Monissa asioissa toiminta tehostuu (mm. täsmämarkkinointi), mutta toisaalta myös väärinkäytösten uhka lisääntyy (mm. digitaalisen identiteetin varastaminen).

Sähköisen asiointin infrastruktuurin kehittämisessä avautuu suuri mahdollisuus tehostaa toimintoja. Ulottuvilla on mahdollisuus tehdä suomalaisesta yhteiskunnasta tehokas, mutta samalla korkealuokkaisia palveluja tarjoava. Sähköisen asiointin ratkaisuista voi

tulla myös vientituotteita. Yhtäältä tulee tutkia tietojärjestelmien integrointia (vrt. ajankohtainen keskustelu terveystietojärjestelmistä), sillä hajautetusti tuotetut tiedot eivät ole yhteensopivia. Standardeista (XML) ja edistyksestä huolimatta tulee tutkia tietojen semantiikan, nimennän, esitystavan ja esitysrakenteiden integroinnin menetelmiä, jotka ovat riittävän helppokäyttöisiä sovellusalojen ammattilaisille. Toisaalta tulee tutkia menetelmiä, jotka liittyvät tietojen säilyvyyden varmistamiseen, tietojen varmentamiseen ja tietosuojaan. Yhteiskunnan riippuvuus digitaalisesta tiedonvälityksestä lisääntyy, mutta niin lisääntyy myös digitaalisuuteen kohdistuva rikollinen toiminta. Jos turvajärjestelmät eivät kehity digitaalisen tiedon saannin ja käsittelyn menetelmien kanssa samaa tahtia, luvassa on vakavia kriisejä taloudessa ja hallinnossa. Verkon käyttö ja sähköisten toimintaprosessien luominen vaativat uuden sukupolven ammattilaisia soveltavilla toimialoilla (sosiaali- ja terveysala, opetus, teollisuus, toimistopalvelut jne.).

Internetin kehittäminen tarjoaa hyvän tutkimus- ja kehityskohteen, koska alalla on jo ennestään vahvaa teollista ja tutkimuksellista osaamista. Ennen kaikkea verkkopalvelujen, verkon infrastruktuurin ja liittymien kehittäminen tarjoaa paljon tutkimuskohteita. Uhat ja mahdollisuudet liittyvät lähinnä siihen, että verkko toimii liian hyvin – niin että suomalainen tutkimus ja teollinen kehitys hajasijoitetaan Suomen ulkopuolelle. Toisaalta sama verkko antaa Suomen tutkijoille ja teollisuudelle paremmat mahdollisuudet osallistua kansainväliseen yhteistyöhön. Verkon kehittyminen kiihdyttää globalisaatiota entisestään.

Asuin- ja työpaikan välinen kytkentä vähenee. Asuinpaikka voidaan valita laadun perusteella, työpaikka paikan, haasteiden ja verojen perusteella. Tästä nousee uusia kysymyksiä: Saako kotikunta verotulot? Säilyykö asuinpaikan laatu?



Suomalainen osaaminen ja oppiminen

Suomen tähänastisen pärjäämisen tärkeä perusta on ollut hyvin toimiva oppimisjärjestelmämme. Oppiminen ja osaaminen läpi elämän on tulevaisuuden pärjäämisessämme tärkeimmällä sijalla. Tämä vaatii oppimisen monitieteistä ja moniulotteista, korkeatasoista tutkimusta kaikilla systeemitasoilla, yksittäisistä hermosoluista luokkaopetukseen asti. Suomessa ei voida tyytyä siihen, että suomalaisten koululaisten osaaminen on viimeaikaisissa kansainvälisissä tutkimuksissa osoittautunut korkeatasoiseksi. Oppimisen ja osaamisen on oltava korkeatasoista myös yliopistoissa, ammattikorkeakouluissa ja yrityksissä. Erityisen tärkeää on ymmärtää ikääntyvien ihmisten oppimisen erityispiirteet.

Oppimisen moniulotteinen ymmärtäminen auttaa parantamaan opetusmenetelmien kehittämistä eri ympäristöissä. Osaamme ottaa paremmin huomioon oppimisen ongelmat (esim. ADHD). Suomalainen oppiminen ja sen perustana oleva tutkimus ovat nousseet kansainväliselle huipputasolle ja kilpailuvalteiksi. Yhä pienempi osa lahjakkuusreservistämme menee hukkaan.

Vuonna 2015 keskeinen kulttuuriperintö on saatavilla digitaalisesti sen ohella, että edelleen ovat käytössä myös fyysiset tallenteet, kuten paperit ja esineet. Digitaalisesti tallennettu kulttuuriperintö käsittää muun muassa kirjallisuuden, elokuvat ja museokokoelmat. Tämä tarjoaa uusia, entistä tasa-arvoisempia mahdollisuuksia kulttuurin välitykseen asuinpaikasta riippumatta. Kyse ei ole vain ”kuvien” katselusta kuvaruudulta, vaan mm. esineiden digitaalisesta 3D-replikoinnista kaukana säilytyspaikoistaan. Kehitykseen vaikuttavat julkisen sektorin rahoitus kulttuuri-instituutioille, tekijänoikeudet ja näyttötekniikoiden kehitys.

Venäjän mahdollisuus

Venäjän ja erityisesti aivan vieressämme sijaitsevan eurooppalaisen metropolin Pietarin merkitys kasvaa. Venäjä on kasvava markkina, jossa on korkea osaamistaso ja menestymisen nälkää. Lähimpään Pietaria vastaavaan metropoliin joudutaan Suomesta menemään ”pitkä matka merten yli”.

Jos Pietarin matkailu on jonain päivänä yhtä vilkasta kuin Tukholman ja Tallinnan, Suomi lienee hyödyntänyt Venäjän mahdollisuuden uusiin liiketoimintoihin, vientiin ja tutkimus- ja kehitysyhteistyöhön.


Laskentatehon ja kapasiteetin kasvu

Laskentalaitteiden nopeus ja muistipiirien kapasiteetti kaksinkertaistuvat noin 18 kuukauden välein. Tälle kehitykselle on nähtävissä tiettyjä fysikaalisia rajoitteita, mutta vielä vuoteen 2015 asti nopeutuminen voinee jatkua. Esimerkiksi kuusi 18 kk:n jaksoa (yhdeksän vuotta) tarkoittaisi 64-kertaista nopeutumista ja muistitilan kasvua. Siten esim. kannettavassa laitteessa voisi olla edullisesti saatavilla erittäin laaja muisti.

Erittäin tiheiden muistien kehittyessä voidaan periaatteessa kaikki mahdollinen tallentaa myöhempää käyttöä varten. Käyttäjän tarvitsema tieto voidaan ladata tarvittaessa muistiin, joka kulkee mukana. Tiedonsiirron tarve voi kasvaa, pienentyä tai muuttaa luonnettaan sovelluksen mukaan.

Muistiteknologian antamat mahdollisuudet edesauttavat uuden tasapainon syntymistä tiedon tallentukseen ja siirtoon. Uusien järjestelmien tutkimuksen tarve kasvaa. Panoksia kannattaa kohdistaa tiedon louhintaan sekä siihen, miten tietoa jalostetaan käytettävään muotoon.

Myös kaikkein suurivolyymisimmät tietomassat – kuten elokuvat, viihde ja musiikki – siirtyvät puhtaasti digitaalisen muotoon. Samalla niiden jakelu ja käsittely saavat ”normaaleja” datan käsittelyn muotoja. Siirto-



ja tallennustekniikat kehittyvät, ja samalla kasvaa ihmisten halu itse päästä käsiksi haluamaansa tietoon/viihteeseen/dataan ajasta ja paikasta riippumatta.

Kuluttajien käyttäytyminen muuttuu laajasti vuoteen 2015 mennessä, kun vapaavalintainen viihde on aina saatavilla. Tämä luo uusia, suuria liiketoimintamahdollisuuksia kuluttajamarkkinassa (joka on yritysmarkkinaa selkeästi merkittävämpi ja ajaa kehitystä myös yritysmarkkinassa). Digitalisoitumiseen liittyvien tietoliikenne-, sovellus-, sisältö- ja markkina-asioiden merkitys korostuu. Samoin käy sosiaalisiin seikkoihin liittyvälle tutkimus- ja kehitystoiminnalle.

Tiedonsiirtotekniikassa loppukäyttäjälle tarjottava kaista kasvaa radikaalisti vuoteen 2015 mennessä. Tuolloin kaikilla tulee olemaan gigabittisoinen yhteys käytössään. Tämä on mahdollista, koska teknologia kehittyy ja kommodisoiuu (tavallistuu), laitehinnat alentuvat, kilpailu kovenee ja kysyntä sekä tarjonta kasvavat.

Tietoliikenneverkon rakenne muuttuu radikaalisti, kun kaikkialle tarjotaan edullisia gigabittisaisia yhteyksiä edulliseen hintaan. Kaikki liikenne on pakettipohjaista. Tämä luo toisaalta uusia liiketoimintamahdollisuuksia, mutta toisaalta kova hintapaine hankaloi-
taa laitevalmistajien ja ehkä erityisesti operaattorien toimintaa. Tutkimus- ja kehitystoiminnan tulee osall-
taan myötävaikuttaa/vastata näihin muutoksiin/haasteisiin.

Vielä 1990-luvun puolessavälissä kolmiulotteiset (3D) mittaukset perustuivat kuvista tehtyihin mittauksiin. Laserteknologian kehitys 1990-luvulla kuitenkin mahdollisti 3D-mittaukset suoraan laserkeilaimien avulla. Mikäli optoelektronikan kehitys jatkuu huimana ja laserteknologia halpenee jatkuvasti, on nähtävissä, että 3D-mittauksista tulee arkipäivää 2015 mennessä.

Todennäköisesti koko Suomesta voidaan tuottaa 3D-malli 2010–2015 tienoilla (useista maista on jo teh-

ty kattava 3D-mittaus). Mallia voidaan käyttää kartoituksen ja luonnonvarojen lisäksi myös esimerkiksi virtuaalitodellisuuden luomiseen. Esimerkiksi kiinteistökaupoissa voidaan kohteeseen tutustua verkossa olevan 3D-mallin avulla. Rakentamisen laatua voidaan parantaa 3D-mittaustekniikan avulla vertaamalla toteut-
maa ja suunnitelmaa. Laseretäisyysmittausten avulla (joskus lähivuosisikymmeninä) voidaan mahdollisesti avustaa sokeita (konenäkö) ja rakentaa autojen törmäykseneston ja automaattiohjauksen järjestelmiä. Etäisyysmittauksiin ja 3D-mittauksiin perustuvia sovelluksia on lukemattomia.

Investointitarve puolijohdeteollisuuteen kasvaa kuitenkin nopeammin kuin odotettavissa olevat tuotot. Tällä on selkeitä (ja todennäköisesti jo ainakin osin huomioon otettuja) seurauksia mobiiliteollisuuden ja yleisemmin ICT-sektorin kannalta. ICT-teknologian kehitys voi ylipäättään hidastua.

Puolijohdeteknologian (CMOS) elinkaaren hiipuminen pakottaa uusiin innovatiivisiin ratkaisuihin. Arkkitehtuurit ottavat paremmin huomioon teknologian sivuvaikutukset, esim. lämpöongelmat. Nykyisen evoluution sijasta haetaan uusia vaihtoehtoja.

Ohjelmistojen kompleksisuuden kasvu

Ohjelmoinnin ja ohjelmistojen rooli on keskeinen tietotekniikan kehityksessä. Yhä suurempi osa yhteiskunnan toiminnasta ohjataan ja kontrolloidaan ohjelmistojen avulla, ja yhteiskunta tulee yhä riippuvaisemmaksi ohjelmistoista, niiden kehittämisestä ja niiden luotettavasta toiminnasta. Samalla ohjelmistojen koko ja kompleksisuus kasvavat koko ajan. Jo nykyisten sovellutusten luotettavuus on heikko, ja niiden kehittäminen on hankalaa, kallista ja aikaa vievää. Tulevaisuudessa ohjelmistojen kompleksisuus tulee tästä vielä kasvamaan. Myös ongelmat voivat samalla kasvaa, jollei menetelmiä jatkuvasti paranneta. Ohjelmistotekniikan puutteet voivat muodostaa tietotekniikan kehi-



tyksen pullonkaulan. Ohjelmistotekniikan tuottavuutta voidaan nostaa vain lisäämällä tämän alan tutkimuspanostusta.

Ohjelmistojen rakentamista siirretään parhaillaan Kiinaan, Intiaan ja vastaaviin alemman kustannustason maihin. Jos tämä suuntaus jatkuu, ohjelmistotekniikan kehitys Suomessa hidastuu huomattavasti ja alan tutkimus sekä työvoima vähenevät merkittävästi. Samalla suomalainen teollisuus menettää merkittävän tähänastisen kilpailuvaltinsa, otteen ohjelmistojen kehittämiseen.

Avoimen lähdekoodin rooli tulee mahdollisesti kasvamaan tulevaisuudessa. Avoimen lähdekoodin kannatus on vahva ohjelmoijien ja alan tutkijoiden keskuudessa. On mahdollista, että tulevina vuosina ohjelmistojen kehitys haarautuu kahteen eri suuntaan: yhteiskunnan tukemaan avoimen lähdekoodin ohjelmistojen kehittämiseen ja yritysten suljetun lähdekoodin ohjelmistoihin.

Koneoppimismenetelmät ovat alkaneet kilpailla tasavertaisesti symbolisten menetelmien kanssa myös perinteisesti humanistisessa tutkimuksessa ja tiedonhankinnassa, mm. kieliteknologiassa ja konekääntämisessä. Aineistopohjaisista koneoppimismenetelmistä tulee työväline muussakin humanistisessa ja kulttuuris-yhteiskunnallisessa tutkimuksessa samalla, kun digitaalisen aineiston määrä lisääntyy ja saatavuus paranee. Suomessa on hyvää osaamista ja saavutuksia koneoppimisen alalla (SOM, Bayes-verkot, ICA). Menetelmiä on vielä suhteellisen vähän viety sovellus- ja tuotetasolle.

Tiedon ja viestinnän kaikkiallistuminen


Paikannusteknologia on kehittynyt viime vuosikymmeninä merkittävästi: GPS-satelliittijärjestelmä kehittyi 1980-luvulla, vastaanottimet 1990-luvulla. 2000-luvulla GPS-vastaanottimet liittyivät osaksi suorapaikannusjärjestelmiä ja matkapuhelimia. Euroopassa on

oma Galileo-paikannusjärjestelmä. Tämä kehitys kiihdyttää paikkatiedon tuottamista. Paikannustekniikoiden avulla tuotetaan paikkaan sidottua informaatiota, joka tallennetaan paikkatietojärjestelmiin (GIS). Tietojen analysointi tapahtuu modernien tietokonepohjaisten menetelmien avulla. Yhdysvaltain työvoimaministeriössä paikkatiedot ovat yksi painopisteistä yhdessä nanoteknologian ja bioteknologian kanssa. Suomi ja Eurooppa ovat jäljessä tätä kehitystä.

Paikkatietoja analysoivat sovellukset ja yritystoiminta voivat laajentua 2015 mennessä merkittävästi. Nykyisin paikkatiedot ovat lähinnä kartan jatke. GPS:n ja kännykän avulla voidaan tuottaa aivan uusia paikkatietopalveluita. Paikkatiedoista tulee jatkuvasti yhä kiinteämpi osa yhteiskuntaa, joten muutosta ei nähdä selvästi.

Kaiken yleisen tietotulvan keskellä ihmiset ovat halukkaita saamaan henkilökohtaisesti kiinnostavaa tietoa ympäristöstään ja itsestään. Tiedon todenperäisyys ja ajanmukaisuus on tärkeää, joten tiedon hankkiminen oikea-aikaisilla mittauksilla korostuu. Lähiympäristön sää sekä ilman, veden ja jopa maaperän laatu voivat olla kiinnostuksen kohteena, kuten myös sisätilojen ilmanlaatu. Elintarvikkeiden laatua osoittavien indikaattorien käyttö yleistyy pakkauksissa. Ihmiset mittaavat omaa kuntoaan ja terveydentilaansa. Kiinnostus yleisempään tietoon kumpuaa siitä, että halutaan ymmärtää henkilökohtaisesti tärkeää mittaustietoa syvällisemmin, ja halutaan miettiä, mitä tiedon perusteella voidaan tehdä. Mitta-antureita on runsaasti, ja ne ovat hyvin verkottuneita. Kehitystä ohjaavana tekijänä on anturitekniikan kehitys kalliista erikoisantureista kohti edullisia massa-antureita.

Anturi- ja mittaustekniikan kehittyminen johtaa anturien hintojen nopeaan laskuun. Tällöin esim. erilaisista teollisuusprosesseista voidaan kerätä huomattavasti enemmän tietoa, jota voidaan ainakin periaatteessa käyttää hyväksi prosesseja kehitettäessä.



Paperipohjaisen painetun viestinnän osuus joukko- viestinnästä on tällä hetkellä Suomessa 71 %. Sähköi- nen viestintä valtaa hitaasti alaa. Paperi on ollut ylivoi- mainen ja kustannustehokas käyttöliittymä. Jos näyt- töteknologiat kehittyvät riittävän käyttäjäystävällisiksi ja luettaviksi, edessä voi olla suuri muutos, joka kos- kee sekä viestintä- että metsäsektoria. Tällä hetkellä näyttöteknologioiden kehittämiseen käytetään suuria panoksia. Hidastava tekijä voisi olla esimerkiksi öljy- pohjaisten raaka-aineiden hinnan yletön nousu, jolloin luonnon kuidusta valmistettava ja kierrätettävä paperi nousee taas arvoonsa.

Suomessa on varauduttava erilaisiin vaihtoehtoihin ja kehitettävä myös teknologioita, jotka tällä hetkellä vaikuttavat disruptiivisilta (sellaisilta, jotka pystyvät tarjoamaan vaihtoehdon vallitseville teknologioille). Viestintäsektorin on panostettava entistä enemmän siihen, että sisällöt ovat sovittavissa mihin tahansa päätelaitteeseen, ja konsepteja on mietittävä hyvissä ajoin etukäteen.

Ihmisten ja koneiden vuorovaikutus

Ihmisen toiminta on keskeisimmältä osaltaan vuoro- vaikuttamista toisten yksilöiden kanssa. Sosiaaliset emootiot ja perusemootiot ovat tärkeitä vuorovaiku- tusta sääteleviä mekanismeja. Toimiva vuorovaikutus on ehto sopusointuiselle yhteiskunnalle ja sen perus- yksiköille, mutta myös esimerkiksi oppimiselle. Toimi- maton vuorovaikutus aiheuttaa valtavasti kärsimystä, jopa kärjistyneitä yhteiskunnallisia tilanteita ja selk- kauksia. Eräs hyvin keskeinen ongelma on toimima- ton vuorovaikutus suurten maailmanuskontojen välillä. Vuorovaikutuksen yksi elementti on myös kunkin yksi- lön vuorovaikutuksessa oppima emotionaalinen it- sesäätely ja toisten yksilöiden huomioon ottaminen. Modernin neurotieteen suurena haasteena on – yh- teistyössä sosiaalitieteiden ja psykologian kanssa –

selvittää vuorovaikutuksen ja emootioiden mekanis- mit ja hyödyntää saatua tietoa yhteiskuntamme ja myös kansainvälisen vuorovaikutuksen kehittämisessä.

Vuorovaikutuksen mekanismien kokeellinen tutki- minen vaatii erityisiä koeasetelmia ja analyysimenetel- miä. Tutkimukseen liittyy myös vaikeita teoreettisia ongelmia, kuten esimerkiksi jaetun tajunnan hahmot- taminen. Neurotieteellisestä näkökulmasta haastavaa on kahden tai useamman henkilön aivotoiminnan ja esimerkiksi silmänliikkeiden samanaikainen seuraami- nen. Olisi tarvetta kehittää erityisiä vuorovaikutuksen tutkimuslaboratorioita, joissa vuorovaikutusta voidaan tutkia monitieteisesti ja -ulotteisesti. Syvempi käsitys vuorovaikutuksen ja emootioiden mekanismeista tu- lee parantamaan mahdollisuuksia puuttua sosiaalisten ryhmien konflikteihin. Tämä taas auttaa esim. opetus- tilanteiden kehittämistä. Uusi tieto tulee olemaan olen- naista, kun halutaan ymmärtää sosiaalisessa toimin- nassa ilmeneviä ongelmia ja kehittää tarvittavaa kuntoutusta.

Ihmiset käyttävät lisääntyvässä määrin erilaisia laitteita päivittäisissä toimissa. Edelleenkin useiden laitteiden, esimerkiksi digikameroiden ja -sovitteiden, käytettävyys on suorastaan ala-arvoista. Olemme vie- lä kaukana siitä, että käytettävyys olisi keskeinen ele- mentti laitesuunnittelussa. Toisaalta lähes analysoi- matta on käyttämiemme teknisten laitteiden vaikutus kognitiivisiin toimintoihimme. Käyttäessämme esi- merkiksi käsitietokonetta muistina, siirrämme sille osan muistitoimintoistamme. Yksinkertaisten lasku- toimitusten tekeminen laskimella korvaa päässälasku- taidon. Tavutusohjelmien käyttö tekee tavutuksen sääntöjen osaamisen tarpeettomaksi. On tärkeää tut- kia sitä, miten erilaisten laitteiden käyttö muuttaa kognitiotamme. On täysin mahdollista, että sillä voi olla myös epäsuotuisia vaikutuksia.



Nykyisen kognitiotutkimuksen valtavirta tarkastelee kognitiivisia toimintoja ja niiden kehittymistä ärsyke–responsi-viitekehyksessä. Tyypillisessä kokeessa sama ärsyke esitetään kymmeniä kertoja, ja koehenkilön tulee reagoida siihen tietyllä tavalla. Samanaikaisesti mitataan aivotointoja eri menetelmillä. Kaikki organismit, erityisesti ihmiset, toimivat kuitenkin jatkuvasti muuttuvissa olosuhteissa, joissa ärsykkeet eivät koskaan toistu samanlaisina. Tällaisessa ympäristössä ei ole mahdollista perinteisessä mielessä prosessoida ärsykeitä, vaan toiminta on primaaristi päämäärään suuntautuvaa, hypoteeseja testaavaa ja tulevaisuutta ennustavaa. Yksi keskeisimpiä haasteita kognitiotutkimuksen etenemiselle on kehittää tutkimusmenetelmiä, joissa keskeisenä toiminnan jäsentäjänä ei ole ärsyke, vaan aktiivisen toimijan hypoteesit, niiden testaus ja todentaminen.

Tutkimusparadigman muuttaminen ja siihen perustuvien tulosten tulkinta tulee radikaalisti muuttamaan käsitystämme kognitiivisten toimintojen luonteesta. Ärsykkeet korvautuvat jatkuvasti muuttuvilla ympäristöillä, joissa organismi navigoi ja toimii aktiivisesti. Vallitsevan mallin mukaan aivot rakentavat havainnon analysoimalla havainto-objektien yksittäiset piirteet ja kombinoivat ne objektin edustukseksi. Tutkimus tulee osoittamaan, että tämä malli ei ole oikea. Tämä tulee vaikuttamaan voimakkaasti myös ihmisen kognitioista mallia ottaviin teknologioihin, kuten robotiikkaan ja keinoäistämiseen.

Ihmisten välinen kommunikaatio helpottuu ja tehostuu automaattisen (reaaliaikaisen) käännöksen ansiosta. Tuottavuus kasvaa, kun ei tarvitse tehdä useita räättälöityjä tuotteita esimerkiksi sisällölle. Automaattisten käännösteknologioiden tutkimukseen tulee panostaa. Suomalaisen tuotteiden potentiaalinen markkina-alue kasvaa, mutta samalla kapea kotimarkkinatuote pienenee.

Yleismaailmallisesti keskeisten kielten välillä toimii välitön puheen ja tekstin automaattikäännös useilla, joskin rajatuilla aihe/toiminta-alueilla. Tämä perustuu mikroprosessorien tehon kasvuun ja käännös/tulkkausmenetelmien kehitykseen. Yleistä ratkaisua (rajaamatonta kontekstia) ei tosin saavuteta. Seurauksena on, että monissa toiminnoissaan/asioinnissaan ihmiset voivat käyttää äidinkieltään esimerkiksi englannin sijaan – englannin ylivoimainen uhka vähenee. Maahanmuuttajien integroituminen suomalaiseen yhteiskuntaan toisaalta helpottuu (omakielinen asiointi) ja toisaalta vaikeutuu (ei tarvitse opetella suomea).

Tietotekniikka ja biotekniikka

Elävän solun toiminnan tutkiminen etenee suurin askelin. Tiedon lisääntyessä solun sisäisten prosessien mallittaminen käy yhä monimutkaisemmaksi, ja samalla joudutaan yhdistämään tietoa hyvin monesta eri lähteestä. Tilanne käy vielä monimutkaisemmaksi, kun tutkitaan eri solumeکانismien yhteisvaikutusta. Tietotekniikan puolella on jo pitkään tutkittu hyvin suurten ja monimutkaisten järjestelmien mallittamista ja rakentamista. Tietotekniikan menetelmien käyttäminen solun toiminnan mallintamisessa tulee lisääntymään. Tietokoneen avulla voidaan rakentaa virtuaalisolu, joka mahdollisimman hyvin kuvaa todellisen solun toimintaa ja kokoa tietämyksen solun eri mekanismeista, mutta jonka toimintaa samalla voidaan analysoida tarkasti ja yksityiskohtaisesti. Virtuaalisolun onnistunut rakentaminen tarjoaa uusia mahdollisuuksia suomalaiselle biotekniikan ja lääketieteen tutkimukselle ja on samalla uusi avaus tietotekniikan tutkimukselle.

Osaamisalueet

Viestintäteknologia

Viestinnän alueella tarkoitetaan kokonaisuutta, jossa viestintäkanavia ja päätelaitteita hyödynnetään sisältöpohjaisten tuotteiden ja palvelujen saattamiseksi käyttäjien ulottuville; tai käyttäjien omatoimista sisältötuotteiden tai -palvelujen hankintaa. Sisältöjä ovat esimerkiksi informaatio, viihde ja taide, ja näiden pohjalta tehtyjä tuotteita ovat muun muassa erilaiset ääni-, kuva- ja tekstuotteet. Alueen tieteenaloja ja teknologioita ovat viestintäteknikka (systeemi- ja prosessinäkökulma viestintään), mediateknikka (sisältölähtöinen näkökulma viestintään), viestintätiede, käyttäytymistieteet; havaintopsykologia, kognitiotiede, pedagogiikka/didaktiikka, yhteiskuntatieteet ja visuaaliset taiteet.

Viestinnässä sisältö on tärkein, ja usein sisältö ja kanava/päätelaite ovat toisistaan riippuvaisia. Viestintä palvelee aina jotakin loppukäyttäjätarvetta, johon se pitää sovittaa, ja kehitystyönkin tulisi olla käyttäjälähtöistä. Sisältöjen (informaatio, viihde, koulutus ja oppiminen) luontiin, hakuun, hallintaan ja adaptointiin liittyvät teknologiat ovat tärkeitä, koska automaatiota tarvitaan yhä suurempien sisältömassojen ja jatkuvasti lisääntyvien kanavien hallinnassa. Sisältöihin liittyviä teknologioita ovat esimerkiksi semanttinen web, metadata sekä tiedonhaku ja -hallintatekniikat.

Kehitys mainituilla aloilla on nopeaa, ja teknologiat integroituvat lähivuosina. Tämä mahdollistaa toisaalta sisältöjen tuotannon hajautuksen – myös ulkomaille – ja ”tietokantatoimittamisen” eli sen, että dokumentit luodaan/kerätään tietokantaan. Toisaalta myös sisältöjen adaptiivinen jakelu useiden jakeluteiden kautta tulee mahdolliseksi.

Seuraavien 10 vuoden aikana ubiikkiin eli kaikkialla läsnä olevaan sekä mobiiliin tiedonvälitykseen ja tiedonhakuun perustuvat palvelut kehittyvät voimakkaas-

ti. Kehityksen avainsanoja ovat ajantasaisuus, monikielisyys, paikkatietoisuus sekä kohdentaminen ja personointi.

Alueella on paljon toimijoita – sanoma- ja aikakauslehtien sekä kirjojen kustantajat, radio- ja televisioyhtiöt sekä teleoperaattorit, jotka ovat omassa perinteisessä toiminnassaan teknisesti edistyneitä. Teknologioiden ja medioiden integroituminen on johtanut kilpailuun ja alliansseihin sekä fuusioihin. Kilpailu myös kansainvälistyy voimakkaasti. Alalla on Suomessa korkeatasoista tutkimustoimintaa, mutta se on verraten hajallaan monessa yksikössä ja monella tutkimusalalla.

Olemassa olevan tiedon määrä kasvaa, ja tieto muuttuu nopeasti. Tiedon ja viestinnän tarpeita on sekä työelämässä että vapaa-aikana. Entistä tärkeämmiksi muodostuvat ajasta ja paikasta riippumattomat mahdollisuudet viestintään: yksilö ja yhteisö pystyvät luomaan, jakamaan ja käyttämään haluamansa/tarvitsemansa sisällöt nopeammin ja kohdistetummin. Tämä tehostaa yhteiskunnan toimintaa ja parantaa mahdollisuuksia sopeutua jatkuvaan muutokseen ja elinikäisen oppimisen haasteisiin. Yksilön ja yhteisön viestinnän käytön muutokset pystytään ennakoimaan nykyistä paremmin. Sisällön tuottajat saavat uusia, tehokkaampia työvälineitä.

Osaamisen taso kaikissa viestintäalueeseen liittyvissä klustereissa (ICT, metsä, viestintä) on Suomessa maailman kärkeä. Tähän osaamiseen joudutaan tulevaisuudessa yhä selvemmin nojautumaan, kun perustuotanto siirtyy lähemmäs asiakkaita. Kansallisesti merkittävää, kiinnostavaa ja haasteellista on, millaisia uusia ratkaisuja näiden klusterien yhteistyössä pystytään Suomessa kehittämään, tuotteistamaan ja kansainvälistämään.

Kymmenessä vuodessa digitaalisen median eli mobiilipalvelujen, pelien ja soittoäänien alueelle on Suomessa syntynyt arviolta 327 M€:n liikevaihto. Seuraavien kymmenen vuoden aikana tulee viestin-



nän alueella tapahtumaan vähintään yhtä suuria muutoksia, markkina muuttuu entistä kuluttajavetoisemmaksi ja varsin haasteelliseksi. Osaamisalueella luotavaa tietoa tarvitsevat kaikki media-alan yritykset sekä teknologian ja sisältöjen tuottajat.

Painettu funktionaalisuus (optiikka ja elektroniikka) on alue, jossa Suomi voi profiloitua erityisesti kuitupohjaiselle materiaalille tuotetuissa älykomponenteissa. Todella innovatiivisia sovelluksia voidaan tuottaa, kun tällaiset tekniset mahdollisuudet yhdistetään tehokkaiden globaalien jakeluverkkojen kautta levitettäviiin tuotteisiin. Painettu funktionaalisuus luo pohjaa kuitupohjaisten tuotteiden ja sähköisen median yhdistelmille eli hybridimedialle. Nämä yhdistelmät tuovat uutta lisäarvoa kuluttajien palveluihin, opetukseen, sähköiseen kauppaan, markkinointiin sekä viihteen, vapaa-ajan ja tiedonhankinnan tapoihin. Näillä alueilla metsä-, viestintä- ja ICT-klusterit voivat yhteistyössä luoda uutta liiketoimintaa.

Globaaleista tuotteista voi syntyä tällaisen kehityksen kautta jopa uudenlainen globaali media, ubimedia: esimerkiksi virvoitusjuomapullosta saa napattua kännykkään uutisia. Uusia kuluttajasovelluksia syntyy päätelaitteille, erityisesti älypuhelimille, ja tarjolle tulee mobiilitelevisio- ja muita mediapalveluita. Samalla ne voivat toimia lukulaitteina (hybridimedia).

Oppimisympäristöt, joissa suomalainen prosessi, menetelmät ja välineet ovat tuotteistettuina, voisi olla haluttu vientituote erityisesti kehittyvissä talouksissa. Suomessa voidaan kehittää uusia oppimisen/opetuksen menetelmiä, jossa perinteistä ja uutta yhdistetään. Esimerkiksi käy vaikkapa digitelevisiön avulla tuettu oppiminen.

Kehitys on nopeaa ja jatkunee sellaisena. Yksi suurimmista ongelmista lienee standardeista ja yhteistoinnasta sopiminen, ei niinkään perusteknologioiden riittävyys. Toinen ongelma ovat tekijänoikeudet ja niihin liittyvä sääntely. Suuret kansainväliset toimijat to-

dennäköisesti pitkälle määräävät sen, millä välineillä tulevaisuudessa toimitaan. Ajoissa tuotetuilla suomalaisilla – tai pohjoismaisilla; vrt. NMT ja GSM – innovatiivisilla ratkaisuilla on mahdollisuus päästä tällaiseen asemaan. Joka tapauksessa pitää pysyä tarkkaan selvillä siitä, miten isot pelurit toimivat, jotta tutkimus- ja kehitystoimintaa ja tuotantoa pystytään sopeuttamaan nopeasti.

Viestinnän alueen kehittyminen vuosituhaten vaihteeseen asti oli kutakuinkin suoraviivaista, koska se perustui viestinnän järjestelmien vaiheittain etenevään digitalisoitumiseen. Nyt ollaan systeemien integroitumisvaiheessa, mikä merkitsee myös niiden kompleksisuuden lisääntymistä. Mediamaisema sirpaloituu entisestään. Arvoverkot muuttuvat ja syntyy uusia yhteistyön muotoja. Toisaalta viestinnän käytön osalta on olemassa monia mahdollisia tulevaisuuksia, joista oikeat pitäisi osata valita ja toteuttaa monitieteisellä yhteistyöllä. Perinteistä ja uutta osaamista ja teknologiaa pitäisi pyrkiä yhdistämään uudella tavalla. Pitäisi osata ennakoita erilaisia tulevaisuuksia ja analysoida näitä käyttäytymistieteellisin menetelmin sen sijaan, että analysoidaan menneisyyttä.

Viestinnän alueelle tarvitaan monitieteinen osaamiskeskus. Alueella on korkeatasoista osaamista, mutta se on hajallaan eri tahoilla. Sisältötuotteet ja palvelut sekä niiden kehittämistä tukevat tieteet ja teknologiat muodostavat osaamisalueen ytimen. Tarvitaan rahoitusta relevanteille tutkimusaloille, erityisesti yhteistyön lisäämiseksi eri ryhmien välillä.

Kuvattu tutkimuskulttuurin muutos saattaa olla vaikea toteuttaa. Suomalaisessa alan kehityksessä on tärkeää laaja kansainvälinen yhteistyö, jotta löydetään oma vahva rooli. Nyt tarvittaisiin alan koordinoitua tukea uusien yhteistyöverkostojen luomiseksi ja uusien innovaatioiden tekemiseksi.

Nyt on

- valittava painopistealat / ongelmat / palvelut / tuotteet
- etsittävä uusia innovaatioita
- integroitava / koordinoitava mielenkiintoisia osaamisyhdistelmiä / leikkausalueita.
- kehitettävä standardeja / ontologioita.

Esimerkkejä

Painettu elektroniikka ja optiikka

Osaamisalue "painettu elektroniikka ja optiikka" yhdistää uusia materiaalitekniikoita, kuten johtavia polymeereja, nanoteknologiaa ja biomateriaaleja tunnetusti nopeisiin muovin ja paperin jatkojalostusprosesseihin, kuten painamiseen. Biomateriaaleissa kannattaa pitää mielessä myös luonnon polymeerit, kuten selluloosa. Osaamisalue luo puolijohdetoellisuuden valtavirralla eli CMOS-tekniikalle rinnakkaisen kehityshaaran, jossa tähdätään yksinkertaisiin mutta todella massatuotettaviin sovelluksiin. Uudet materiaalit tarjoavat pihhin nähden joustavampia prosessointimahdollisuuksia. Uusia materiaaleja voidaan tuki muokata perinteisinkin puolijohdetoellisuuden menetelmin, mutta ne tarjoavat myös mahdollisuuden monta kertaluokkaa nopeampien prosessointimenetelmien käyttöön.

Elektroniikkatuotteet ovat pienentyneet jatkuvasti. Kaappikokoisesta elektroniikasta siirryttiin taskuun mahtuvaan elektroniikkaan ja nykyään jopa kuljetuspakkauksiin mahtuvaan elektroniikkaan. Osaamisalueen kehittyminen tuo elektroniikan jopa kuluttajapakkauksiin. CMOS-tekniikan tuotantoinvestoinnit ovat useiden miljardien eurojen luokkaa ja kasvavat uusien sukupolvien myötä. Tämä on johtanut tuotannon voimakkaaseen keskittymiseen. Painetun elektroniikan ja optiikan tuotantoinvestoinnit ovat pieniä verrattuna CMOS-tekniik-

kaan. Tämä tarjoaa mahdollisuuden eri puolilla maailmaa tapahtuvaan paikalliseen tuotantoon.

Osaamisalueen kehittymisen myötä voidaan tarjota yksinkertaisia elektroniikkatuotteita, kuten litteitä joustavia näyttöjä, jotka voivat olla jopa pakkausten pinnoilla. Energialähteitä voidaan tehdä joustaville pinnoille, kuten myös muisteja ja hitaita elektroniikkapiirejä. Voidaan toteuttaa todella innovatiivisia sovelluksia, kun tällaiset tekniset mahdollisuudet yhdistetään tehokkaiden globaalien jakeluverkkojen kautta levitettäviin tuotteisiin. Globaaleista tuotteista voi syntyä tällaisen kehityksen kautta jopa uudenlainen globaali media: esimerkiksi virvotusjuomapullosta saa napattua kännykkään uutisia.

Osaamisalue on aivan kehityskaarensa alussa, joten haasteita riittää. Uusien materiaalien suorituskyky on monta kertaluokkaa huonompaa kuin piin. Painomenetelmiä on kehitetty tähän mennessä ihmissilmän tarkkuutta tavoitetasona pitäen. Tyypilliset rakennekoot ovat 100 mikrometrin luokkaa. Elektroniikka- ja optiikkaratkaisut vaativat monta kertaluokkaa pienempiä rakenteita. Tyypilliset nykyisten muovien ja papereiden pinnat ovat monta kertaluokkaa liian karkeita. Alueen kehityksessä on tärkeää sovellusten ja tekniikoiden kehityksen voimakas vuorovaikutus. Toisaalta joudutaan hakemaan sovelluksia, joihin vaatimaton suorituskyky riittää, toisaalta halutut sovellukset ohjaavat tekniikan kehitystä. Suomalaisessa alan kehityksessä on tärkeää laaja kansainvälinen yhteistyö, jotta löydetään oma vahva rooli.

Hybridimedia

Hybridimedia-käsitettä on ruvettu käyttämään puhuttaessa monen median ratkaisuista niin sisällöntuotannossa kuin loppukäytössä. Tyypillisiä esimerkkejä ovat painetun (paperipohjaisen) ja digitaalisen viestinnän yhdistelmät sekä pakkausteknolo-



giat, joissa elintarviketietoa välitetään kuluttajille esimerkiksi mobiililaitteiden välityksellä. Ensimmäisen sukupolven ratkaisut perustuvat painotuotteen painettuihin standardeihin, viivakoodeihin, jotka yhdessä kamerapuhelimen kanssa toimivat käytölliittymänä sähköiseen mediaan tai palveluun. Seuraavassa vaiheessa tulevat kuvioon monipuolisemmat, piilotetut tai näkymättömät koodit. Pidemmälle menevissä ratkaisuissa painotuotteen voidaan painaa älypinta, ja kehittynein hybridimedian muoto on paperille painettu näyttö.

Hybridimedia on monitieteinen alue, joka liittyy mediatekniikkaan, tietotekniikkaan, mobiilitekniikoihin ja erityisesti älykkäisiin mobiileihin pääte/lukulaitteisiin, kuvankäsittelyyn ja hahmontunnistukseen, kuluttajalogistiikkaan sekä painettuun funktionaalisuuteen. Tärkeitä ovat myös käyttäjien viestintätarpeet ja mediakäyttätyminen.

Hybridimedia sijoittuu metsä- ja ICT -klusterien rajapintaan. Paperipohjaisella viestinnällä on pitkät perinteet, ja tähän asti se on suhteellisen hyvin säilyttänyt asemansa huolimatta uusista alustoista ja päätelaitteista, joita markkinoille on tullut kiihtyvällä tahdilla. Suomessa on kaksi merkittävää globaalia toimialaa, ICT- ja metsäklusterit. Viestintäala sijoittuu näiden väliin. Osaamisen taso kaikissa edellä mainituissa klustereissa on maailman kärkeä ja tähän osaamiseen joudutaan tulevaisuudessakin yhä selvemmin nojautumaan, kun perustuotanto siirtyy lähemmäs asiakkaita. Suomi ei voi toimia yhden tukijalan varassa, vaan näitä tukijalkoja täytyy globalisoituvassa markkinassa koko ajan etsiä uusia.


Hybridimedia mahdollistaa käyttötilanteisiin luontaisesti sovitettavat käyttäjäadaptoidut, personoidut viestintä- ja sisältöpalvelut. Kehitetään sähköisen ja painetun viestinnän yhdistelmiä, jotka tuovat uutta lisäarvoa kuluttajien palveluihin, sähköiseen kauppaan, markkinointiin sekä viihteen, va-

paa-ajan ja tiedonhankinnan tapoihin. Hybridimedia voidaan soveltaa myös uusissa oppimisen/ope- tuksen menetelmissä, joissa ”perinteistä” ja uutta, mobiilitekniikoin tuettua oppimista voidaan yhdis- tellä käyttäjäystävällisiksi kombinaatioiksi. ”Rele- vant content for individuals and communities at right time, in right place, on appropriate devices.”

Suomessa tehdään tällä alueella eturivin tutki- mustyötä, ja patentejakin alkaa olla. Aluetta on tar- ve koordinoita ja varmistaa, että kaikki tarpeelliset tahot ovat keskenään yhteistyössä. Teollisuu- denalojen välinen verkosto, joka kytkee yhteen tutki- mustahojen ja teollisuuden intressejä, solmii kan- sainvälisiä kontakteja ja tukee tutkimustulosten tuotteistamista ja toimii ikkunana tähän teknolo- gia-alueeseen (esim. hybridimedianäyttelytila), on valmisteilla. Tällaisen verkoston tulee toimia vähin- tään seuraavat kolme vuotta, jonka jälkeen näh- dään, millaisiin tuloksiin on päästy ja onko alueelle syntymässä pysyvämpi vertikaalirakenne, jota kan- nattaa edelleen tukea. Verkostoituminen tulee vaa- timaan julkista tukea.

Päätelaitteet tiedolle ja viestinnälle

Päätelaitteilla tarkoitetaan tässä kameroita, henkilö- kohtaisia pääosin kuulo- ja näköaistin käyttöön pe- rustuvia päätelaitteita ja tulostimia. Alueen kehityk- sestä todettakoon, että henkilökohtaiset pöytäko- neet tulivat 1980-luvun puolivälissä ja kannettavat tietokoneet alkoivat olla varteenotettava vaihtoehto 1990-luvun puolivälissä. 2000-luvulle tultaessa mat- kapuhelimit saivat monimedianäytöt, kämmentieto- koneet ja elektroniset kirjat. Välikoon kannettavat, kuten tabletti-PC:t (PDA:ta suuremmat, mutta kan- nettavaa tietokonetta pienemmät laitteet) pyrkivät markkinoille. Näistä ainoastaan monimediapuhelin on yleistynyt jokamiehen laitteeksi. Kameralliset puhelimit ja digitaaliset kamerat ovat tulleet va-



kiovarusteiksi. Television digitalisoiduttua myös televisio toimii tiedon ja viestinnän uudenaikaisena päätelaitteena.

Päätelaitteen oleelliset ominaisuudet ovat näytön koko, kuvan laatu, energiantarve ja laitteen liikuteltavuus. Vuotta 2015 silmällä pitäen oletuksena on, että kaikki päätelaitteet kytkeytyvät internetiin ja digitaalitelevisioon. Lisäksi niissä on enenevästi sensoreita, joiden avulla tietoa ympäristöstä ja käyttäjän tilasta voidaan viestiä jatkuvasti. Sisältö- tai ohjelmatarjonta ei ole kilpailuvaltti, mutta aineistojen saumaton sovittaminen eri päätelaitteille ja niiden päivän mittaan vaihtuviin käyttötilanteisiin voi sitä olla.

On osoittautunut, että matkapuhelimen näyttöä on vaikea kasvattaa kokoon, jossa laitteen käyttö viestintään olisi vaivatonta kaikille ihmisryhmille. Toisaalta nykymuotoinen kannettava tietokone on liian kookas ja kömpelökäyttöinen mukana kulkeva viestimeksi. Onkin odotettavissa, että näiden välikokoa oleva laite onnistuu saavuttamaan markkinat mukana kuljetettavana viestimenä. Perinteisten LCD-näyttöjen rinnalle saattavat nousta elektroniseen paperiin perustuvat näytöt ja projektionäytöt, joskin tämä on kymmenen vuoden aikataululla epätodennäköistä. Takakenopäätelaitteet (kotitelevisio) ja etunojapäätelaitteet (työpaikka) liitistyvät, kasvavat kuvapinnaltaan ja paranevat kuvanlaadultaan, mutta periaatteellisia muutoksia ei tapahtune. Paperille ja pakkausmateriaalille valmistettujen näyttöjen mahdollistama ”hybridipäätelaitte” kuluttajakäytössä lienee kauempana tulevaisuudessa, mutta esiasioita näistä on varmaankin tarjolla.

Digitaalisten kameroiden käyttö lisääntyy henkilökohtaisessa käytössä, turva- ja viranomaiskäytössä sekä ikääntyvien hoidossa. Sinänsä teknistä laatukehitystä ei useimpia sovelluksia silmällä pitäen

tarvita. Hinnat sen sijaan halpenevat elektroniikkahintojen yleisiä trendejä seuraten, ja kamerasensoreita sulautetaan muuhun ympäristöön. Voidaan arvioida, että vuonna 2015 digitaalisia kameroita on käytössä kymmenkertainen määrä nykyiseen verrattuna. Miehittämättömien kameroiden määrän kasvu on nopeampaa kuin miehitettyjen.

Henkilökohtaisten tulostimien määrä lisääntyy, ja niiden värillisuus on itsestäänselvyys. Saatutettavan kyllästymispenetraation voidaan olettaa olevan noin 50 prosenttia populaatiosta. Toimistotulostimien määrä saattaa kääntyä laskuun.

Päätelaitteissa yhdistyy elektroniikan, tietotekniikan, konetekniikan ja teollisen muotoilun osaaminen. Laitteiden hankinnassa niiden aiheuttamat hedonistiset tunteet, kuten mielihyvä, ovat olennaisia, mistä syystä muotoilun merkitys on keskeinen.

Johtajuus mobiiliviestinnän päätelaitteissa on Suomen ICT-teollisuudelle keskeinen tarve ja haaste. Viestintäala hyödyntää päätelaittekehitystä laitteiden suorituskykykehityksen ja penetraation kasvun tahdissa. Kehitys ylläpitää tarvetta suureen joustavuuteen ja osaamisen uusintamiseen alan yrityksissä. Päätelaittekehitys johtaa myös mediakulutuksen muutokseen, joilla on merkittäviä vaikutuksia painetun viestinnän ja metsäteollisuuden tuotevalikoimaan. Päätelaitteiden erilaiset vaatimukset sisällöille synnyttävät tarpeita älykkäille automaattisille menetelmille, joilla sisältöjen sovittamista eri viestintäkanaviin tapahtuu viestinnän tavoitteiden eikä teknologian lähtökohdista. Erityisenä haasteena on aikaansaada sisältöjen ja päätelaitteiden yhdistelmiä, joissa journalistiset tavoitteet toteutuvat.

Päätelaitteiden tähänastinen kehitys ei tunnustusti ole tukenut niiden käyttöönottoa esimerkiksi näkövammaisten ja motorisista ongelmista kärsivien keskuudessa. Toisaalta henkilökohtaiset päätelaitteet tarjoavat mahdollisuuksia niitä hyödyntävän



vanhustenhoitotekniikan kehittämiseen Suomessa. Kustannussyistä tähän on myös suuri tarve.

Innovaatiomahdollisuuksia arvioidaan olevan niin hyvin laitteiden kuin laitteita ja tietoja tai sisältöjä yhdistävien palvelukonseptien alueella. Olemassa on patenteja ja patentointipotentiaalia. Yhtenä mainittavana alueena on päällepuettava tietotekniikka. Alue kehittyy varsinkin erityisryhmien apuna ja vammaisten, sairaiden ja vanhusten tarkkailussa. Erilaisia kehon tunnuslukuja, kuten verenpainetta, veren sokeria jne. voidaan mitata riskiryhmiin kuuluvilta henkilöiltä jatkuvana mittauksena. Tallennusjärjestelmä toimii normaalitilassa off-line, mutta hälyttää auktorisoidun tahon asetettujen valvontarajojen ylityksessä. On arvioitu, että Suomessa on tarvetta varustaa noin miljoona ihmistä elintoimintoantureilla. Tähän määrään tuskin päästään vuoteen 2015 mennessä. Tällä alueella suomalaiselle innovaatio-, kehitys- ja tuotantotoiminnalle olisi vielä sijansa, koska maailmanlaajuisen käyttö on toistaiseksi vähäistä.

Lisäksi mainittakoon digitaalista televisiota päätelaitteena ja julkaisualustana hyödynnettävät sovellukset ja palvelut. Näihin voi integroitua myös muita päätelaitteita, kuten tulostimia ja kameroita. Jälkimmäisten hyödyntäminen voi synnyttää erilaisia virtuaalisen televisiotuotannon innovaatioita. Viihde-sovellusten lisäksi etenkin oppimisen alueella arvioidaan olevan uusia mahdollisuuksia. Näihin liittyy tulostustarpeita. Esimerkiksi kieliopetus eri kohderyhmille voisi hyötyä tällaisista ratkaisuista.

Päätelaitteiden osaamisalueen kehittyminen edellyttää eri tieteenalojen osaamisen laaja-alaista yhdistämistä. Keskeisiä ovat mahdolliset teknologiat, teollinen muotoilu sekä HCI ("human-computer-interaction")-kysymykset.

Mobiiliviestinnän päätelaitteiden kehitys vaatii suuryritysten jatkuvaa globaalia panostusta. Ole-

massa olevien teknologioiden integroiminen uudennlaisiksi päätelaitteiksi ja hyödyntäminen ikääntyvän väestön hoitamiseksi ja elämänlaadun ylläpitämiseksi sitoo aiempaa vähemmän resursseja, joten siihen panostamista olisi syytä harkita.

Opetusteknologia

Opetusteknologiolla ymmärretään tieto- ja viestintätieteiden soveltamista opetus-/oppimistilanteissa. Puhutaan myös oppimisympäristöistä. Lähtökohtana tulisi olla pedagogiikka/didaktiikka. Kehitettävien välineiden ja ympäristöjen pitää sekä tukea oppimisprosessia että ottaa huomioon oppijan tilanne (kyvyt, ennakkotiedot, tavoitteet, tilanne, oppimistyyli). ICT:n eli tieto- ja mobiilitekniikan soveltaminen on vielä kesken. Se ei ole joko tarpeeksi kypsää tai ei vastaa tarpeita. Semantic webin teknologiat, tietämyksen kuvaaminen ja hyödyntäminen, olemassa olevien resurssien hyödyntäminen ja jäsentäminen ovat erittäin tärkeitä, jotta järjestelmistä saadaan tuloksellisia. Pelit yms. ei-traditionaaliset oppimiskeinot lisäävät kiinnostusta oppimisympäristöjen käyttöön. Käyttöliittymät ja käyttäjäinteraktio, erityisesti yhdessä tekemisen ja oppimisen tuki, on jatkossa ensiarvoisen tärkeää.

Muutos on nykyisin jatkuvaa, ja siihen reagoiminen edellyttää oppimisen tehostamista (uusien tietojen nopea omaksuminen riittävän syvällisesti), elinikäistä oppimista ja yhä useammin työn ohella oppimista. Elinkeinoelämän kilpailukyky edellyttää uuden luomista, asiakkaan kohtaamista, eri koulutusalojen ja oppimistasojen välistä yhteistyötä, vuorovaikutustaitoja sekä yhteisöllisyyttä. Nämä vaatimukset huomioon ottaen oppimisjärjestelmien tulee tukea monimuoto-opetusta, jossa henkilökohtainen vuorovaikutus ja verkko- yms. oppiminen muodostavat tasapainoisen kokonaisuuden. Suomalaiselle yhteiskunnalle jatkuva uusiutuminen on

perustavaa laatua oleva haaste, johon koulutuksen ja opetuksen tulee pystyä vastaamaan. Tässä tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntäminen on jatkossa välttämätöntä. Tieto- ja viestintätekniiikka on myös kiinteä osa työelämää, ja sen monipuoliseen hyödyntämiseen tulisi oppia jo koulussa.

Osaamisalueen kehityskohteita ovat

- Uudet pedagogiset innovaatiot tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntämisessä.
- On-demand-oppimiseen eli esimerkiksi työn ohella oppimisen liittyvät palvelut.
- Tietämyksen kokoaminen ja hyödyntäminen sen sijaan, että se nykyisin on hajallaan ja hyödyntämättä.
- Tietojen, oppijoiden, resurssien yms. visualisoinnit ja siihen tarvittavat välineet, joilla tehdään verkko- oppimisesta ”konkreettisempää” ja parannetaan yhteisöllisyyttä.
- Personointi ja oppijoiden yksilöllisten ominaisuuksien parempi huomioon ottaminen.
- DigiTV:n ja mobiiliTV:n hyödyntäminen oppimisessä. Suomessa voitaisiin kehittää oppimisprosesseja, menetelmiä ja työkaluja, joita voitaisiin levittää maailmalle.

Kenttä on myös hyvin hajanainen ja koostunut erilaisista projekteista, jotka eivät ole synkronissa keskenään. Eri oppimisen osa-alueiden yhdistäminen tarkoittaa sitä, että sovellusten tulisi todella palvella oppimista eikä olla pelkästään teknologiavetoisia. Opetusteknologian puolella näyttää puuttuvan kansallinen strategia ja tahtotila. Myöskään yhteistyö yritysten, tutkimuslaitosten ja julkisen sektorin välillä ei tällä hetkellä ole tehokasta. Tarvittaisiin tavoitetilan terävöittämistä ja kärkihankkeita, joissa yritykset, tutkimus- ja kehitystoiminta sekä julkinen sektori ovat kiinteässä yhteistyössä.

Vuorovaikutus, käytettävyys, käyttöliittymät

Tieto syntyy tiedon lähteen ja sen vastaanottajan vuorovaikutuksessa. Teknologian hyödyntämisessä ydinkysymyksiä ovat käytettävyys ja käyttäjään sopeutuminen. Vuorovaikutuksen ja käytettävyyteen liittyvien tekijöiden perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen tuntuva vahvistaminen mahdollistaa sen, että kehitetään innovatiivista teknologiaa ja sovelluksia.

Ihminen toimii dynaamisessa vuorovaikutuksessa sekä sosiaalisen että fyysisen ympäristönsä kanssa. Hän hakee aktiivisesti ympäristöstään tietoa oman tietämyksensä ja sen rajoitusten ehdoin. Aktiivisena toimijana hän muuttaa ympäristöään jatkuvasti, jolloin myös vuorovaikutus ympäristön kanssa muuttuu. Kuitenkin ihmiseen kohdistuva tutkimus ja teknologian kehittäminen on lähtökohdiltaan primaaristi yksisuuntaista. Ympäristö joko vaikuttaa ihmiseen tai ihminen vaikuttaa ympäristöön. Näkökulman muuttaminen yksisuuntaisesta dynaamisesti vuorovaikuttavaksi, ja tämän vuorovaikutuksen syvälinen ymmärtäminen, on välttämätöntä ihmisen neurokognitiivisen toiminnan periaatteiden ymmärtämiselle. Se myös mahdollistaa innovatiivisen teknologian kehittämisen. Yksilöiden ja ryhmien vuorovaikutuksen eri puolien ymmärtäminen on välttämätöntä esim. uusien oppimisympäristöjä kehitettäessä. Tärkeitä alueita alueen tutkimuksessa ja teknologiasovelluksissa ovat mm. sosiaalipsykologia, antropologia, kielitiede, kasvatustiede, keskusteluanalyysi, käytettävyyttutkimus, systeeminen neurotiede, kommunikaatio- ja informaatioteknologia ja design.

Kun eri vuorovaikutustasojä ymmärretään monitehtoisesti, tulee mahdolliseksi kehittää uudentyyppistä teknologiaa ja hallita globaalissa toimintaympäristössä tapahtuvia sosiaalisia muutoksia. Vuorovaikutus on olennainen tekijä johtamisessa ja erilaisissa asiakasammattilainen-suhteissa.



Käyttäjään adaptoituvan teknologian kehittäminen on vasta alussa. Käytettävyyttä parantavat tuotekehitysmenetelmät hallitaan varsin hyvin, mutta haasteena on niiden laajempi käyttö etenkin PK-yrityksissä. Tutkimuksessa tulevaisuuden ajankohtainen haaste on konseptisuunnittelun menetelmien kehittäminen. Menetelmiä tarvitaan, kun ollaan luomassa uudenlaista tuotetta tai palvelua, jolla ei ole aiempaa esikuvaa. Suomi on näiden menetelmien tutkimustyössä maailman kärkeä, mikä johtuu paljolti matkapuhelinten ja niihin liittyvien palvelujen kehitystyöstä. Kärjessä pysyminen edellyttää kuitenkin jatkuvaa panostusta myös alueen perustutkimukseen. Haasteena on myös se, että teknologian käyttäjät arvostavat enemmän erilaisten laitteiden monipuolisuutta kuin käytettävyyttä. Vuorovaikutteinen media lienee yksi tulevaisuuden suuria haasteita.

Yhteiskunnan digitalisoituminen edellyttää ylipäänsä entistä käyttäjälähtöisempiä teknisiä ratkaisuja ja (sähköisiä) palveluita, jotta voidaan vauhdittaa kehitystä, luoda tilaa uusille innovaatioille ja kaventaa digitaalista kuilua. Käyttäjien jättäminen huomiotta voi johtaa kalliisiin virheinvestointeihin (kuten WAP), jotka hidastavat kehitystä ja antavat etumatkaa kilpailijoille. Käyttäjälähtöisyys ei kuitenkaan tarkoita lähtökohtaisesti sitä, että kysytään käyttäjiltä, mitä uusia innovaatioita toivoisitte kehitettävän (jolloin vastaus on herkästi ”vanhassa vara parempi”), vaan sitä, että käyttäjät kytetään mukaan tuotekehitysprosessiin.

Alan perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen vahvistaminen mahdollistaa innovatiivisen käyttäjäkeskeisen ja käyttäjään adaptoituvan teknologian kehittämisen. Erittäin iso ja maamme kannalta tärkeä osa-alue on oppimisympäristöihin liittyvän vuorovaikutteisen teknologian kehittäminen ja mm. oppiminen pelaamalla. Koko ajan laajeneva ja taloudellisesti erit-

tän tärkeä alue on ikääntyvän väestön toimintaedellytysten tukeminen teknologisilla innovaatioilla. Yhteiskunnan rakennemuutosten seurauksena ihmisten yksinäisyys ja syrjäytyminen lisääntynevät, ja tälläkin saralla interaktiivisella teknologialla voisi olla hyvin tärkeitä ihmisten elämänlaatua parantavia sovelluksia. Vuorovaikutuksen perusmekanismien ymmärtäminen on tietysti olennaista myös sellaisten perinteisten alueiden kuin mielenterveyden ongelmien tehokkaamassa ratkaisemisessa. Tuloksia tuottava johtaminen vaatii erinomaisia vuorovaikutustaitoja.

Sovellusmahdollisuuksia ovat mm. kaikkiallisen tietotekniikan käytettävyyteen liittyvät kysymykset tai

- **Cyberworld**, jossa on mahdollista kohdata mitä tahansa ajasta ja paikasta riippumatta
- **Living lab**, jossa erityisryhmien (vanhenevat käyttäjät, kognitiivisesti tai motorisesti vammaiset käyttäjät) tarvitsemia palveluita voidaan kehittää ja kokeilla itsenäisen ja virikkeisen elämisen tueksi

Tärkeää olisi parantaa vuorovaikutukseen ja käytettävyyteen fokusoidun perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen edellytyksiä. Useissa teknologiaohjelmisissa korostetaan käytettävyyttä, ja alan tutkijat saattava päästä hankkeisiin mukaan – lähinnä kuitenkin soveltaamaan jo olemassa olevaa osaamistaan. Uuden tiedon tuottaminen vaatisi fokuoimista juuri vuorovaikutussuunnittelun problematiikkaan niin, että se olisi tutkimuksen keskiössä eikä tukiroolissa.

Alue on korostuneen monitieteinen, joten eri alueiden asiantuntijoiden verkottumisen ja tapaamisen tukeminen on tärkeää. Alan koulutusta olisi kehitettävä ja lisättävä, ja voisi olla tarpeellista, että alueella olisi yksi erityisesti vuorovaikutuksen perusmekanismeihin erikoistunut tutkimusyksikkö tai laboratorio.

Esimerkkejä

Kaikkiallisen tietotekniikan käytettävyys

Digitaalisen konvergenssin ja mediapintojen (esim. näytöt, aikakauslehdet, julisteet) dynaamisuuden lisääntyminen tuottaa uusia haasteita miellyttävän käyttäjäkokemuksen suunnittelulle. "Ubi-käytettävyyden" osaamisalueessa yhdistyvät teollinen muotoilu, käyttöliittymäsuunnittelu sekä käytettävyyden suunnittelu päätelaitteiden, sisältöjen ja palveluiden suhteen. Tarvitaan näkemystä kuluttajien tarpeiden kehittämisestä. Samoin tarvitaan syvällistä ymmärtämistä sekä ihmisten keskinäisestä että ihmisten ja koneiden välisestä vuorovaikutuksesta.

Käyttöliittymiä ja mediapintoja on runsaasti kaikkialla ihmisten elinympäristössä: kodeissa, työpaikoilla, ostoskeskuksissa ja muissa julkisissa tiloissa. Niitä kulkee myös ihmisten mukana. Ne viestivät nopeasti vaihtuvaa sisältöä. Viesteillä pyritään vaikuttamaan yhä enemmän tunteisiin ja tunteisiin. Viestittävä tietosisältö on räätälöity käyttäjän senhetkiseen tilanteeseen sopivaksi. Kaikkiin liiketoimintoihin ja palveluihin liittyy vaiheita, jotka tuotetaan käyttöliittymien kautta. Useat palvelut perustuvat täysin tietotekniikkaan. Kaikenikäiset ihmiset pystyvät käyttämään näitä palveluita helposti ja turvallisesti.

Kuluttaja voi poimia tarkentavaa lisätietoa tuotteesta kännykkänsä kaupan mainosjulisteesta tai jopa tuotepakkauksesta. Nuoret voivat pelata ryhmäpelejä, joissa yhdistyy virtuaalimaailma ja todellinen ympäristö. Tietoverkossa pelattavaan peliin haetaan vinkkejä ostoskeskuksen käyttöliittymien ja mediapintojen kautta. Museossa kulkija voi saada kiinnostavasta esineestä tietoa läheiseen käyttöliittymään haluamallaan kielellä.

Koska käyttöliittymät täyttävät ihmisen normaalin ympäristön, käytettävyyden kehityksessä on tie-

tetekniikka nähtävä taustalla olevana voimana.

Etualalle on nostettava ihmiselle luonnolliset toimintatavat fyysisessä ympäristössä. Tarvitaan intuitiivisia käyttöliittymiä. Erityisen haasteellista on kehittää palveluiden käytettävyys sellaiselle tasolle, että palvelut tukevat joustavasti ihmisten toimintaa ryhmissä.

Neurokognitiivinen teknologia

Hermosto on pitkän evoluutionsa aikana kehittynyt hoitamaan erilaisia esim. navigointiin ja havaitsemiseen liittyviä tehtäviä optimaalisesti ja adaptiivisesti. Aivojen ja muun hermoston toiminnan ymmärtäminen ja mallintaminen tarkkuudella, joka mahdollistaa uudentyypin teknologian kehittämisen, avaa aivan uusia mahdollisuuksia. Kyseeseen tulevat mm. seuraavat tutkimus- ja teknologia-alueet: noninvasiivinen ja invasiivinen aivotutkimus, kognitiotiede, kognitiivinen psykologia, informaatioteknologia, robotiikka, automaatiotekniikka, laskennallinen tiede ja monimutkaisten järjestelmien tutkimus.

Onnistuessaan ala tarjoaa mahdollisuuden aivan uudenlaisen teknologian kehittämiseksi yhteistyössä perustutkimuksen kanssa. Olennaista on tuottaa tietoa kehittyneelle robotiikalle ja sen eri osa-alueille (navigointi, keinoäistiminen). Mukaan voidaan laskea myös solutason mallintaminen, psykofarmakoiden ja muiden hermostoon vaikuttavien lääkeaineiden vaikutusmekanismien ymmärtäminen lääkkeiden kehittämisessä.

Mahdollisia sovelluksia ovat kodin ja terveydenhuollon robotiikka, suoraan keskushermostosta tapahtuva ohjaus, lääkeainekehitys, helppokäyttöiset ja käyttäjään adaptoituvat laitteet sekä informaatio- ja kommunikaatioteknologian kehittäminen.

Haasteena on alan toimijoiden yhteistyön organisointi sekä perustutkimusyhteisöjen kehittäminen kriittisen suuriksi. Samoin haasteita ovat tutki-



musmenetelmien ja erityisesti signaalianalyysin ja mallintamisen kehittäminen, opetuksen kehittäminen sekä mm. kokeilulaboratorioiden (vrt. MediaLab) luominen yliopistojen ja teollisuuden yhteistyönä.

Cyberworld

Virtuaalitulassa on kyse tilasta tai solusta, jossa voi kohdata kenet tahansa ajasta tai paikasta riippumatta. Tila esitetään katsojalle upotteisena 3D:nä, jossa katsoja liikkuu, toimii ja havainnoi. Siinä voi tavata henkilöitä, jotka fyysisesti osallistuvat samaan tilanteeseen joko samassa tai pikemminkin jossain toisessa solussa. Solut voivat olla esimerkiksi Helsingissä ja Pariisissa, mutta tila esitetään tästä paikasta riippumattomana. Helsingissä olevan solun sisustus – siis näkymä, toimintaympäristö, rekvisiitta, esineet ym. – voi olla sama kuin tämän Pariisin-solun. Samassa solussa voi olla myös muita henkilöitä, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään, esimerkiksi seuraavat Helsingin kesäkisojen 1952 katsomossa 10 000 metrin juoksua. Solusta voidaan myös siirtyä Lascauxin luolaan ja tavata paikallisia taitelijoita 10–20 000 vuoden takaa, tai sitten voidaan vieraila Leonardo da Vincin Ranskan-kodissa Amboisessa.

Virtuaalitulien luominen edellyttää sisustuksen tarkkaa mallintamista ja esittämistä eri aikakausien mukaisena. Myös tilassa olevat esineet on luotava malleiksi, jotka mahdollisimman hyvin vastaavat tunnettua käsitystä todellisuudesta valoineen, väreineen ja äänineen. Kun ollaan ulkona ja liikutaan ympäristössä, maisema mallinnetaan siten kuin kulttuuri sen kyseiseen aikaan on muokannut. Vaikka kaikkea ei voi mallintaa, osia voidaan mallintaa hyvinkin todellisina ja yksityiskohtaisina, esineet pieniä piirteitä myöten. Haasteita riittää sekä digitoimiselle että visualisoimiselle. Virtuaalitulaa käyt-

tävät tai tavoittelevat mm. peliteollisuus, viihdeteollisuus ja mobiiliteollisuus.


Kehitystyöhön tarvitaan osaamista hyvin laajalta kentältä. Tarpeen ovat mittaajat ja mallintajat, käyttäytymis- ja kognitioasiantuntijat, havaintopsykologit, historian tutkijat ja sosiologit, tietoliikennetutkijat, esitystekniikan tutkijat, taiteilijat ja graafikot, teleteknikot ja etäläsnäolon tutkijat.

Anturitekniikan sovellukset

Anturitekniikka yleistyy eri tuotteissa ja parantaa tuotteiden turvallisuutta, lisää ominaisuuksia tai helpottaa huoltamista. Viime vuosina anturitekniikka on lyönyt erityisen voimakkaasti läpi autoissa. Seuraavaksi antureiden yleistymistä odotetaan kulutuselektronikassa. Anturitekniikan sovellusten kehittämisessä korostuu toisaalta materiaalitekniikka erilaisten anturimateriaalien muodossa, toisaalta korostuvat signaalinkäsittelyn ja tiedonlouhinnan ohjelmistot. Tietoliikenne on keskeinen tekijä antureiden ja tiedonkäsittelyohjelmistojen yhdistämisessä laajoiksi sovelluksiksi. Anturitekniikan sovellukset tarjoavat tosiaikaista tietoa monella yhteiskunnan osa-alueella, kuten elinympäristön seurannassa, teollisuudessa, liikenteessä, tavara-logistiikassa ja ihmisen itsensä diagnostisoinnissa.

Anturitekniikan sovellukset -osaamisalueessa yhdistyvät anturien materiaalitekniikka, tiedonkäsittelyelektronikan kehitys, signaalinkäsittely, tiedonlouhinta ja tiedon tulkintamenetelmät. Anturit tarvitsevat keveitä kommunikointiratkaisuja ja pienimuotoista energiantuottoa. Uusia anturimahdollisuuksia synnyttävät nopeasti kehittyvät alueet, kuten mikromekaniikka sekä nano- ja biomateriaalit. Sovelluksissa korostuu niiden erityisalueiden tarkka ymmärrys, joihin anturitekniikkaa tuodaan. Erityisesti tämä sovellusalue- ymmärrys korostuu tiedon tulkinnassa.

Prossessoritekniikka löi läpi laajasti 1990-luvulla, anturitekniikka voi lyödä läpi 2010-luvulla. Antureiden



halpuus ja pienen mahdollistavat erilaisten älykkäiden ympäristöjen rakentamisen. Tietojen liittäminen verkkoon yleistyy. Verkon avulla on mahdollista saada täsmätietoa ympäri maailmaa.

Hyvä tietämys uusista antureista mahdollistaa runsaasti uusia poikkitieteellisiä sovelluksia ja innovaatioita. Kenttä on todella laaja. Esimerkeistä käyvät ympäristömittaukset, liikenne ja autot, logistiikka, ihmiskeskeiset mittaukset, terveydenhuolto ja teollisuuden mittaukset.

Anturitekologia tarjoaa runsaasti sovelluksia yhteiskunnan ja elinkeinoelämän eri alueilla. Tässä joukko esimerkkejä:

- Autojen ketjukolareita moottoriteillä ehkäistään autoihin sijoitettujen etäisyysanturien avulla. Etäisyysanturit voivat tunnistaa reaaliaikaisesti eri kohteet (ihminen, auto, rakennus, liikennemerkki).
- Ihminen valvoo kuntoaan mukana kuljetettavalla laitteella, joka voi ottaa jopa näytteitä ihmistä häiritsemättä ja tehdä analyyseja. Lisäksi ihminen voi jatkuvasti monitoroida lähiympäristöään. Anturitiedon avulla voidaan korvata jopa heikentyneiden aistien tuottamaa tietoa.
- Teollisuus kehittää palvelutuotteita, joissa asiakkaalle toimitettua konetta tai prosessia valvotaan kaukaa. Liikkuvasta työkoneesta saadaan kunnonvalvontatietoa, joka lähetetään koneen toimittajan palvelukeskukseen. Koneen toimittaja voi ennakoida huoltotarpeen ja tarjota huoltotoimet ennakoidusti niin, että häiritsee koneen työtä mahdollisimman vähän.

Haasteena on mittausmahdollisuuksien laaja kenttä. Perustutkimusta kannattaa tehdä laajasti, jotta luodaan vankka perusta kiinnostaville mahdollisuuksille ja sovelluksille. Kehittämiskohteita löytyy mm. anturimateriaaleista. Erityisen paljon mahdollisuuksia on signaalinkäsittelyn ja tiedonlouhinnan alueella. Pienet,

edulliset anturit tarvitsevat yksinkertaisia langattomia kommunikointimahdollisuuksia. Monissa sovelluksissa tärkeä täydellinen langattomuus ei toteudu, mikäli energiaa ei saada anturille langattomasti, joten pienen tehon energialähteiden tai energiakaappareiden kehittämiseen on panostettava. Taloudellista merkitystä on erityisesti uusissa sovelluksissa ja innovaatioissa, joita voidaan parhaiten edistää lisäämällä voimakkaasti yhteistyötä tutkimus- ja kehitysryhmien välillä. Alalle tarvittaisiin useita tutkimus/teknologiaohjelmia yhteistyön mahdollistamiseksi.

Esimerkkejä

Anturiteknologian sovellukset ja data-analyysi

Anturitekologia on kehittynyt voimakkaasti viime vuosina; anturit pienenevät ja halpenevat ja datan laatu paranee. Suomessa on huippuluokan teollista osaamista anturiteknologiassa ja maailman kärkeen sijoittuvaa tutkimustoimintaa data-analyysin ja tiedon louhinnan alueella. Antureista saatavan datan analysoinnilla voidaan saada aikaan uusia tuotteita ja palveluita, jotka tehostavat teollisia prosesseja tai parantavat yksilön elämänlaatua.

Anturiteknologian uudet sovellukset ovat jo nykyäivää esim. autoissa ja kodin elektroniikassa. Alueella on laajoja sovellusmahdollisuuksia myös perinteisessä teollisuudessa, lääketieteessä, liikenteessä ja rakennusteknologiassa sekä palvelujen kehittämisessä. Tekesin ja Sitran sekä teknillisten korkeakoulujen rooli on keskeinen. Anturien materiaalien osalta teemalla on kytkös materiaalitieteisiin, data-analyysin suunnalta tietotekniikkaan.

Ihmiskeskeinen anturitekniikka ja henkilökohtainen mittaus

Henkilökohtaisesti tärkeän mittaustiedon tarve tuo haasteita anturitekniikan kehitykselle. "Ihmiskes-



keinen anturitekniikka" -osaamisalueessa yhdistyy uusien anturimateriaalien kehitys, elektroniikan yleinen kehitys ja mittaussignaalien käsittelytekniikoiden kehitys. Toisaalta on tärkeää ymmärtää kuluttajien tarpeiden muutos. Uusia anturimahdollisuuksia tuottaa mikromekaniikan sekä nano- ja biomateriaalien kehitys. Elektroniikan kehitys kulkee kohti pienempiä rakenteita, jolloin antureiden signaalinkäsittelyelektroniikka voi olla hyvinkin pienikokoista. Painetun elektroniikan ja optiikan kehitys tarjoaa uusia mahdollisuuksia tuottaa edullisia antureita. Anturit tarvitsevat kommunikointikykyä, jotta ne voivat liittyä osaksi laajoja tietoverkkoja.

Ihmiset ovat yhä kiinnostuneempia saamaan tarkkaa tietoa elinympäristöstään ja itsestään. Nopeasti muuttuva sää ja rajut sääilmiöt lisäävät tarvetta yhä paikallisemmalle ja tarkemmalle sää-tiedolle. Jotta voitaisiin ehkäistä elinympäristön saastumisesta mahdollisimman nopeasti, ollaan ha-lukkaita mittaamaan ympäristön veden, ilman ja jopa maaperän laatua. Elintarvikkeiden laatu, puh-taus ja terveysvaikutukset kiinnostavat. Terroriteko-jen uhka lisää halua tarkkailla elinympäristön ja elin-tarvikkeiden laatua. Ihmiset ovat kiinnostuneita mit-taamaan kuntoaan ja diagnostisoimaan terveydenti-laansa. Vanhenevasta väestöstö huolehdittaessa tarvitaan monenlaisia antureita.

Kotien tietojärjestelmiin kytkettävien anturien määrä kasvaa moninkertaiseksi. Edullinen anturi-tekniikka tulee osaksi kannettavia elektroniikka-tuotteita. Elintarvikepakkauksissa voi olla laatua ku-vaavia indikaattoreita, kuten aika- ja lämpötilaindi-kaattoreita, pilaantumista osoittavia indikaattoreita ja pakkauksen avaamisesta kertovia indikaattoreita. Kunnan kohottamisen tueksi käytetään mukana kulkevia mittauksia ja erikseen tehtäviä monipuoli-sia analyyseja. Apteekista voi ostaa itsediagnostiik-katuotteita monenlaisiin vaivoihin.

Kehityksen haasteena on tuottaa antureita riittä-vän edullisesti, jotta ne voivat levitä massasovelluk-siin. Uusia anturimateriaaleja kehitettäessä tarvi-taan syvällistä ymmärtämistä siitä, mille ulkopuoli-sille tekijöille materiaalit ovat herkkiä, jotta pysty-tään kehittämään luotettavia mittauksia. Tähän luo-tettavuuteen liittyy oleellisesti myös mittaussignaa-lien käsittelyn kehittäminen. Kun mittausten määrä kasvaa, kasvaa myös tarve analysoida useiden mit-taussuureiden keskinäisiä vuorovaikutuksia. Silloin tarvitaan pitemmälle vietyä analyysia siitä, mitä eri mittaustulokset yhdessä tarkasteltuina tarkoittavat.

Tiedon louhinta, analysointi, hallinta ja haku

Osaamisalue liittyy mm. kieliteknologiaan, tietojenkä-sittelyyn (algoritmit, käyttöliittymät, tietojärjestelmät, tiedonhaku, geomatiikka ja -hallinta), informaatiotutki-mukseen, asianhallintaan, tallennusteknologiaan, tul-kintateknologiaan, mobiiliteknoologiaan, oppimisen tut-kimukseen, työntutkimukseen, tilastotieteeseen, psy-kologiaan sekä viestinnän/tiedon tuotannon tutkimuk-seen ja tuottajiin.

Kehitys mainituilla aloilla on nopeaa, monensuun-taista ja koordinoimatonta. Seuraavien kymmenen vuoden aikana ubiikkiin (mobiiliin) laskentaan ja tie-donhakuun/hallintaan perustuvat palvelut kehittyvät voimakkaasti. Kehityksen avainsanoja ovat reaaliaikai-suus/ajantasaisuus, monikielisyys, paikkatietoisuus, tietämyksen louhinta ja hallinta sekä henkilökohtais-ten ja yhteisöllisten tietovarantojen integrointi.

Alalla on Suomessa jo nyt paljon korkeatasoista tutkimustoimintaa (mm. huippuyksiköt/akatemiapro-fessuurit), mutta se on verraten hajallaan monessa yksikössä ja monella tutkimusalalla. Keskittäminen ei liene mielekäästä kysymysten moninaisuuden takia, mut-ta alan koordinoitua ja tukea tarvittaisiin uusien yhteis-

työverkostojen luomiseksi ja uusien innovaatioiden tekemiseksi.

Osaamisalueen tulokset edistävät monikielistä ja -kulttuurista asiointia, hajautettua työn organisointia ja hajautetusti tuotetun tiedon älykästä käyttöä. Osaamisalue mahdollistaa kontekstiherkät (paikkatietoiset) älykkäät palvelut ja henkilökohtaisten tietovarantojen luomisen, ylläpidon ja käytön. Tietojen pitkäaikainen säilyvyys ja käytettävyys, tulkittavuus ja fyysinen käytettävyys, yhteiskäyttöisyys ja mobiili saatavuus tulee voida taata. Kasvava haaste on olemassa olevan tiedon määrä ja tiedon reaaliaikaisuus. Ymmärrettävässä muodossa olevaa olennaista tietoa ja tiivistelmiä on saatava helposti ja nopeasti.

Digitaalisten tietovarantojen päivittäinen käyttö 2015 on laajaa koko työelämässä. Vapaa-aikana lisäantyy integroitava digitaalisen median käyttö – henkilökohtainen, avoin tai kaupallinen. Digimedian käyttö vapaa-aikana on sekä itsetarkoituksellista viihtymistä että välillistä asiain hoitoa (kuten lippujen ja palvelujen hankinta). Tietoa tarvitsevat kaikki yritykset, joita kiinnostaa mm. kansainvälinen kauppa, säädökset ja alihankinta. Julkista valtaa kiinnostavat mm. ihmisten ja palvelujen liikkuvuus ja EU-kysymykset.

Alan tietoa tarvitsevat myös ihmiset kansalaisina, asiakkaina, työntekijöinä, oppijoina, matkustajina, tiedon ja kulttuurin kuluttajina ja henkilökohtaisen historiansa tallentajina.

Osaamisalueen sovelluksia ovat

- Monikieliset ja -kulttuuriset, paikkatietoiset älykkäät palvelut
- Monikielinen tiedonhankinta, käännös ja puhesynteesi
- Kansalliset tai yhteisökohtaiset ontologiat eri toimintasektoreilla
- Tietojen louhintamenetelmät rakenteellisesti ja kielellisesti heterogeenisissä ympäristöissä
- Kansalliset sähköiset arkistot

- Sähköiset arkistot yritystoimintana (ulkoistettujen arkistojen säilytys)

- Ammattilaisten integroidut tietojärjestelmät eri aloilla.

Kehitys on nopeaa jo nyt ja jatkunee nopeana. Yksi suurimpia ongelmia lienee standardeista / yhteistoinnasta sopiminen, ei niinkään perusteknologioiden riittävyys. Monikielisyyden (teksti, puhe) hallinta edellyttää merkittäviä edistysaskelia kieliteknologian saralla. Toiminta-alueeltaan rajattuja ”älykkäitä” palveluja syntyy nopeasti (esim. matkalippujen osto). Laaja-alaisia älykkäitä assistentteja joudutaan odottamaan vielä vuoden 2015 jälkeen.

Esimerkkejä

Reaaliaikaisen kuvainformaation käsittely

Jatkossa digitaalisia kuvia saada kaikkialta, nopeasti ja niin paljon, että niihin hukkuu. Pitäisi kehittää menetelmiä, miten näistä kuvista voidaan louhia tietoa. Kuvatiedon asiakkaana on kuluttajaliiketoiminta. Ala edellyttää monitieteellistä yhteistyötä.

Paikkatiedon hallinta

Osaamisalueen kohteena ovat paikkatietokannat, geospaatialinen tietojenkäsittely jne. Paikkatietoa kerätään ahkerasti, mutta vielä on tutkimatta, mitä tietoa siitä voidaan louhia. Paikkatietoa tarvitsee älykäs ympäristö, kommunikaattorista tulee myös sensori ja analysaattori (mm. paikkatiedon suhteen). Alan kehitys vaatii poikkitieteellistä yhteistyötä.

Digitaalisten tietovarantojen organisointi ja tietopankkiportaali-verkostot

Osaamisalue liittyy kieliteknologiaan, tietojenkäsittelyyn, informaatiotutkimukseen, asianhallintaan (tietojärjestelmät), tallennusteknologiaan, viestin-



nän/tiedon tuotannon tutkimukseen ja tuottajiin. Kehitys mainituilla aloilla on nopeaa, mutta niiden leikkausalueella hidasta. Edullinen tallennuskapasiteetti tulee kasvamaan räjähdysmäisesti. Syntyy runsaasti suljettuja (proprietary) ratkaisuja, joiden yhteensopivuus ja pitkäikäisyys ovat kyseenalaisia. Alalla on Suomessa jo nyt aika paljon merkittävää tutkimus- ja kehitystoimintaa, mutta se on hajallaan. Tarvittaisiin integrointia. Kuvaava esimerkki on, että kaikilla sairaanhoitopiireillä on omat sähköiset, mutta keskenään yhteensopimattomat järjestelmänsä.

Olemme siirtyneet tiedon sähköisen kadottamisen aikaan. Tiedot joko tuhoutuvat tallennevälineen murenemisen takia tai hukuvat suuren organisoimattoman massan takia unohduksiin. Yritysten ja viranomaisten sähköiset arkistot tarvitsevat standardiratkaisuja, joiden tulkittavuus ja fyysinen käytettävyys seuraaville vuosisadoille voidaan taata; tähän liittyy myös lakiveloitteita ja tiedon katoamisen aiheuttamia kustannuksia. Digitaalisista varannoista tulee voida saada ymmärrettäviä ja olennaisia tietoja sekä niitä koskevia yhteenvetoja. Samoin digitaaliset kirjallisuus- ja museokokoelmat tulee voida organisoida käyttöä ja ymmärrystä tukevalla tavalla.

Monikielinen mobiili tiedonhankinta

Osaamisalue liittyy kieliteknologiaan, tietojenkäsittelyyn, informaatiotutkimukseen, mobiiliteknologiaan sekä viestinnän/tiedon tuotannon tutkimukseen. Kehitys mainituilla aloilla ja niiden leikkausaloilla on nopeaa. Monikielisyys, käännös ja puheenkäsittely kehittyvät voimakkaasti, samoin sähköiset palvelut. Monikielinen/omakielinen mobiili multimedia ja siihen liittyvät palvelut (asiointi/joukkotiedotus) ovat vähintään pitkällä vuonna 2015. Palvelujen "älykkyys" paranee. Alalla on

Suomessa jo nyt aika paljon merkittävää tutkimustoimintaa, mutta se on hiukan hajallaan. Tarvittaisiin integrointia.

Mobiilia tiedonhakua tarvitsevat monikielinen ja -kulttuurinen asiointi ja hajautettu työn organisointi sekä sähköisten palvelujen kehittäjät ja tuottajat viranomaistoiminnassa, kaupassa ja viestintäalalla. Tietoa tarvitsevat myös kansainvälisten yritysten ja EU-toimintaan osallistuvien viranomaisten toimijat.


Osaamisalueen sovelluksia ovat monikieliset sähköiset palvelut, monikielinen tiedonhankinta, käännös ja puheesiteesi. Yksikieliset teksti/kuvapohjaiset palvelut kehittyvät koko ajan nopeasti. Rajoitettuja sovelluksia on jo 2015; tämä edellyttää konekäännöksen/puheentunnistuksen/puheesiteesin edistysaskeleita. Tutkimus/teknologiset ongelmat saadaan varmasti ratkaistua, mutta kielenkäsittely on aina tuottanut yllätyksiä – tavoite lipeää kauemmaksi. Edistystä saavutetaan, kun ei yritetä puheen "inhimillistä" ymmärrystä, vaan pyritään vaatimattomammin ihmisten tukeen teknologian avulla "älykäs toimija – tyhmä apulainen" -periaatteella.

Ajantasaistustekniikoiden kehittäminen

Ajantasaistustekniikoita koskevia tieteenaloja ovat tietojenkäsittely, kartoitus, tietokantatekniikat ja tiedon louhinta. 2015 kaikki tieto (mm. yhteiskunnan infrastruktuuritieto) on digitaalisessa muodossa, ja ongelmaksi nousee, miten tietoa on tarkoitus päivittää. Mitataanko uudestaan? Tarvitaan älykkäitä lähes automaattisia menetelmiä, jotta tietokannat pysyvät ajantasaisina.

Life log

Kysymyksessä on koko elämän kattava henkilökohtaisten tietojen jatkuva kerääminen (engl. "life log"), analysointi ja tallentaminen ilman, että tämä hankaloittaa yksilön jokapäiväistä toimintaa. Ihmi-



sen elintoimintoja seurataan jatkuvasti mittaamalla kriittisiä tietoja. Samalla yksilö voi myös jatkuvasti tallentaa omalta kannaltaan tärkeitä elämyksiä ym. Suurin osa tiedosta tallentuu kuitenkin automaattisesti. Keskeisiä alueita ovat anturitekniikka, mobiilitekniikka, paikannustekniikka, lääke- ja hoitotiede, farmakologia ja tietovarantojen rakentaminen.

Mobiilitekniikka, jatkuva miniatyrisointi, lääketieteen kehitys ja nanotekniikka tuovat mahdollisuuden mitata ihmisen kehon toimintaa ja havainnoida hänen ympäristöään uudella ja vähemmän huomiota herättävällä tavalla. Jatkuvasti vanhenevan väestön hoito- ja tarkkailutarve kasvaa myös tulevaisuudessa. Jatkuva hoito on kuitenkin kallista. Parempaa olisi hoitaa vain silloin, kun on todettu tarve, ja ennen kaikkea panostaa ennakoivaan hoitoon. Tämä voidaan toteuttaa henkilön terveydentilan jatkuvalla seurannalla. Toisaalta ihmisellä on tarve kerätä henkilökohtaista historiatietoaan ja toimintansa tuloksia sekä tallentaa elämyksiään jatkuvasti ja mahdollisimman automaattisesti. Muun muassa tiedon varastoinnin kehitys luo edellytyksiä tällaiselle toiminnalle. On laskettu, että esim. lähitulevaisuudessa tulevat teratavun muistit olisivat riittäviä siihen, että henkilö voi tallentaa kuvan ympäristöstään joka kolmas minuutti koko elämänsä ajan.

Kokemus osoittaa, että henkilökohtaiseen terveydenhuoltoon ja sairauksien ennalta ehkäisyyn ollaan valmiita satsaamaan suuria summia. Samoin elämysten tallentaminen ja ympäristön havainnollistaminen ovat kohteita, joissa on suuret mahdollisuudet teollisuudelle. Suomessa vahva mobiilitekniikka on keskeinen innovaatioalue. Samoin pn anturitekniikka ja ohjelmistot, jotka sitovat erilaiset havainnot yhteen, ihmiselle selattavaan ja ymmärrettävään muotoon.

Tutkimusalue voidaan jakaa ainakin kahteen osa-alueeseen: (1) henkilökohtaisen toiminnan ja

terveydentilan jatkuvaan seurantaan ja raportointiin, joka liitetään hoitojärjestelmään, ja (2) henkilön jokapäiväisen toiminnan tuloksena syntyneen tiedon kerääminen ja tallentaminen automaattisesti myöhempää käyttöä varten. Molemmilla osa-alueilla on vahvat kaupalliset hyödyntämismahdollisuudet, joten lähinnä olisi tärkeätä suunnata yhteiskunnan ja teollisuuden tutkimusta tähän suuntaan. Osaksi näin on myös tehty, mutta alaa kannattaisi vielä kehittää ja tukea.

Tiedon ja tietämyksen hallinta ja louhinta

Teema liittyy tiedon hallintaan ja louhintaan sekä tiedon käyttöön teollisten ja hallinnollisten yksiköiden toiminnan tehostamisessa. Alue on kansainvälisesti voimakkaasti kehittyvä, ja Suomessa on vahvaa osaamista. Organisaatioiden toiminnan kannalta oikean tiedon helppo saatavuus ja mielekäs käsittely ovat keskeisiä kysymyksiä. Esimerkiksi yritysten kilpailukyvyyn kannalta on ensisijaisen tärkeää, että yritys ja sen henkilöstö ymmärtävät asiakaskunnan rakenteen ja toiveet mahdollisimman hyvin. Samoin innovaatio-organisaatioissa tarvitaan hyvää tietämyksen ja tiedon hallintaa, jotta organisaation sisäinen tiedonkulku varmistuisi. Tuloksena on uusia järjestelmiä, joilla organisaation työntekijät tai asiakkaat pystyvät saamaan olennaisen informaation helposti käsiteltäväkseen. Kyseessä on hyvin monitieteinen alue: perinteistä tietotekniikkaa, organisaatioanalyysia, data-analyysia jne.

Tietotyön tuki

Osaamisalue liittyy kielitekologiaan, tietojenkäsittelyyn (tietojärjestelmät, HCI), informaatiotutkimukseen, oppimisen tutkimukseen, työntutkimukseen ja psykologiaan. Kehitys mainituilla aloilla ja niiden leikkausaloilla on nopeaa. Se kuitenkin koskee suhteellisen yksinkertaisia tehtäviä (kuten vaikka web-



tiedonhankintaa) tai yksittäisiä sovelluksia. Tehtäväympäristöt ja niiden tiedonhallinta ja -hankinta digitalisoituvat. Tämä koskee myös ammattilaisten työtä. Tietotyön tuen tutkimuksella (knowledge work augmentation, CSCW) on mahdollisuus tuottaa paljon yleistettävää tietoa ammattilaisten tiedon hallinnasta. Alalla on Suomessa jo nyt aika paljon merkittävää tutkimustoimintaa, mutta se on hajallaan. Tarvittaisiin monitieteisen tutkimuksen integrointia.


Tiedon tarvitsijoita ovat työn tutkijat, organisaatioiden kehittäjät, tietojärjestelmien suunnittelijat ja vastuulliset työntekijät itse. Osaamisalueen sovelluksia ovat ammatti/tehtäväkohtaiset tietojärjestelmät monilla aloilla (käyttöliittymät, ontologiat, haku-koneet, digiarkistointi, ammatin/tehtävän tietoympäristöjen integrointi erillisjärjestelmistä sulautettuihin järjestelmiin). Tavoitteisiin voidaan päästä piankin. Aloittaa kannattaa riittävän ”suurista” ammatteista, jolloin ryhmiin kuuluu paljon melko samanlaisen työn tekijöitä. Näin saadaan kustannukset kateettua. Tutkimus- ja kehitystyötä tehdään tällä sektorilla koko ajan, mutta hajallaan. Yhteistyö ei tule kalliiksi, jos siihen ymmärretään ryhtyä.

Kieli- ja puheteknologia sekä kieliteollisuus

Kieli- ja puheteknologian ja kieliteollisuuden osaamisalue liittyy toisaalta kieli- ja puhetieteisiin, toisaalta tieto- ja viestintäteknologiaan. Alat ovat olleet toisiinsa liitoksissa jo 1940-luvun lopulta lähtien, jolloin konekäntämisestä tuli tietokoneiden ensimmäinen ei-numeerinen sovellus. Ala on kehittynyt tietokoneiden ja tietojenkäsittelytieteen kehityksen mukana kolmessa vaiheessa, joista ensimmäinen sovelsi tilastollis-numeerisia menetelmiä ja toinen käyttää symbolisia formaalikielten kääntämisen ja tekoälyn menetelmiä. Uusin vaihe käyttää tilastollista mallinnusta ja koneoppimista. Suomen kieliteknologiatutkimus saavutti kansainvälisesti ar-

vostettuja tuloksia symbolisen kielitekologian alalla 1980–1990-luvulla. Suomalainen kieliteknologia on yhä tunnettua, ja sillä on laajaa kaupallista käyttöä. Koneoppimisen myötä ala on siirtymässä erikoisasiantuntijatyöstä kohti enenevää automaatiota, joka tulee lisäämään kieli- ja puheteknologian tuottavuutta oleellisesti. Kyseessä lienee yksi ensimmäisistä tyypillisesti humanistisista aloista, joilla tekniikka tulee korvaamaan enenevästi ihmistyötä.

Seuraavien kymmenen vuoden aikana voi odottaa kieli- ja puheteknologian tavallistumista ja kieliasiantuntijatehtävien siirtymistä entistä keskittyneempien globaalien kieliteollisuusyritysten haltuun. Näillä yrityksillä on riittävä panostus kieli- ja puheteknologiaan. Kehitys on jo meneillään sekä kansainvälisesti että suomalaisyrityksissä. Kieli- ja puheteknologian tutkimustoiminta Suomessa on levittäytynyt Helsingin alueelta useisiin muihin yliopistoihin (Tampere, Turku, Joensuu, Jyväskylä, Oulu). Vaikka työ on yksittäisissä ryhmissä varsin pienimittaista, valtakunnallinen yhteistyö on vahvistunut sekä opetuksen (opetusministeriön tukema valtakunnallinen KIT-verkosto) että tutkimuksen alalla (Tekesin USIX- ja FENIX-ohjelmat, Suomen Akatemian puhehankkeet, EU-hankkeet). Suomalaiset suhteellisen pienet kieliteollisuusyritykset ovat käynnistäneet keskenään klusteroitumisprosessin, jonka tavoitteena on toiminnan skaalan kasvattaminen tutkimus- ja kehitysyhteistyön kautta sekä kieliteollisuuden vientimarkkinat. Kieli- ja puheteknologiassa Suomessa on vahva aineistolähtöinen tutkimusperinne (HY, TKK) ja hyvät kontaktit mm. pohjoismaihin, USA:han ja EU:n suuriin kieliteknologiamaihin (Britannia, Saksa, Ranska, Italia). Tärkeä uusi fokus on tilastollisen ja symbolisen mallinnuksen raja-alue ja koneoppimismenetelmien soveltaminen, johon TKK on äskettäin saanut huippuyksikkörahoitusta.



Kieliteknologiaa sovelletaan sekä ihmisten väliin että ihmisen ja koneen väliseen viestintään, jotka molemmat ovat tieto- ja viestintäalan keskiössä. Osa tuloksista on jo arkipäivää (tekstinkäsittelyn tarkistusohjelmat, sanasto-ohjelmat, sanelu, kone- ja koneavusteinen käännös, puhe- ja dialogiliittymät). Lyhyessä ajassa nämä ja muut kieliteknologiatuotteet tulevat vaikuttamaan kaikkeen kielelliseen viestintään hyvässä ja pahassa. Erityisen tärkeää suomalainen kieliteknologia on enenevästi tieto- ja viestintäteknologiaan perustuvan korkeakulttuurin ylläpitämiseksi pienen kielialueen maassa. Monikielinen kieliteknologia on myös potentiaalisesti vahva vientituote, jos suomalainen kieliteollisuus pystyy sillä alalla vastaamaan globaaliin kilpailuun. Kieliteknologian menetelmien teollistuminen on tässä suhteessa myös uhka kotimaiselle liiketoiminnalle. Mm. suomen puheentunnistusta ja ohjelmien lokalisatiota tehdään jo maan rajojen ulkopuolella. Samoin voi käydä myös viihteen lokalisatiolle (tekstitys ja dubbaus).

Komponenttitasolla Suomessa on kansainvälisesti hyvä edustus sanastonhallinnassa (ml. taivutusohjelmat) ja lauseenjäsennyksessä (Lingsoft, Connexor, Kielikone). Kotimaista tuotantoa on myös puheentunnistuksessa ja puheesynteesissä. Koska kieli- ja puheviestintä on kaikkiallista, sovelusalueita on potentiaalisesti lukemattomia; toisaalta niistä saatava "lisäarvoviipale" on luontaisesti ohut, ja yksin kieliteknologiaan perustuvia liiketoimintamalleja on vähän. Monikielinen kieliteollisuus, kuten yritysten kielipalvelujen tarjoaminen, on yksi alue, jossa lisäarvoa tulee eri palvelujen keskittämistä. Esimerkkejä ovat monikielinen yritysviestintä, kielikoulutus ja yritysten kielivarantojen ylläpito. Mahdollistavana teknologiana kieli- ja puheteknologialla voi olla paljon liittymäkohtia muihin tuotteisiin

erityisesti, kun puhelimet kehittyvät henkilökohtaisiksi viestintä-, tietojenkäsittely- ja viihdelaitteiksi.

Alan tutkimus- ja teollisuusyhteistyö ovat molemmat aktiivisessa kehitysvaiheessa. Tähän asti pullonkaulana on ollut yksiköiden pienuus, josta seurauksena ovat olleet pienet ja kotimaiset markkinasektorit. Hyvistä teknologiatuotteista huolimatta ala ei ole juuri kasvanut. Nähtävissä oleva kehitys on, että pienet kieliteknologiayritykset ostetaan laajempiin ja vakavaraisempiin kieliteollisuus- ja -palveluyrityksiin. Myös isot tekijät, kuten Microsoft ja Google, ovat hankkineet itselleen omaa kieliteknologiaosaamista. Jos halutaan olla mukana näillä markkinoilla, suomalaisen tutkimuksen yhteistyötä ja suomalaisyritysten ryöstymistä pitää pyrkiä tukemaan mm. tähän suunnatuilla rahoitusohjelmilla. Tärkeää on pitää silmällä koko arvoketjua perustutkimuksesta kieliteollisuus- ja -palvelutuotteisiin asti.

Tietoliikenne

Osaamisalue käsittää integroituvat ja saumattomasti yhteen toimivat gigabittitasoiset heterogeeniset verkot ja niiden päätelaitteet. Osaamisalue liittyy tietoverkko- ja tiedonsiirtoteknologioiden lisäksi useaan tieteenalaan ja teknologiaan. Keskeisimpiä näistä ovat ohjelmisto-, laitteisto- ja puolijohdeteknologiat, käyttöliittymäsuunnittelu ja käytettävyys, sovellettu matematiikka, fysiikka ja käyttäytymistieteet.

Vuonna 2015 elinkeinoelämä ja yhteiskunta laajemminkin nojaa entistä enemmän aina ja kaikkialla saatavilla oleviin tietoliikenneyhteyksiin. Viihde on keskeinen tekijä, joka asettaa kovat vaatimukset tietoliikenneverkoille ja aivan erityisesti niiden kapasiteetille ja käyttäjälle tarjottavalle kaistalle. Samaa sisältöä välitetään erilaisia tietoliikenneyhteyksiä pitkin. Tällöin esimerkiksi IP-verkon kautta siirrettävät televisiolähetykset ja lähetyksajankohdasta riippumattomat tilausvi-



deo-, peli- ja muut interaktiiviset palvelut muodostavat merkittävän kilpailijan broadcast-tyyppiselle televisio-toiminnalle. Koska valtaosa digitalisoitavissa olevista yhteiskunnan hyötypalveluista ja yrityssovelluksista on 2015 digitalisoitu, myös luotettavuus-, turvallisuus- ja saatavuusvaatimukset ovat erittäin suuret. Kaikkialla helposti ja luotettavasti saatavilla olevat, laajaa kais-
taa vaativat viihde- ja hyötypalvelut sekä yksilöiden ja ryhmien välinen ajasta ja paikasta riippumaton kommunikointi tulevat olemaan luonnollinen ja välttämätön osa jokaisen ihmisen elämää. Palvelun merkitys sekä loppukäyttäjän rooli ja käyttökokemus korostuvat. Verkko ja sen päätelaitteet luovat edellytyksiä käyttäjien ongelmanratkaisulle. Käyttäjien oma rooli sisällöntuotannossa ja ohjelmistotuotannossa tulee merkittävämmäksi. Käyttäjistä tulee aktiivisia pelureita uusien palvelujen ja sovellusten kehittämisessä ja myös niiden hallinnassa.

Tietoliikenneyhteydet ovat vuonna 2015 gigabit-tasoisia ja tukevat sekä paikallaan pysyviä että liikkuvia käyttäjiä. Langattomuuden rooli ”viimeisellä hypyllä” korostuu. Tietoliikennejärjestelmät muodostuvat erilaisista heterogeenisistä verkoista ja teknologioista, jotka toimivat saumattomasti yhteen. Hyvin todennäköisesti yhteistoiminnassa on edelleen keskeistä IP-protokolla. Mobiliteetin hallinnan rooli korostuu heterogeenisessä ympäristössä. Myös kustannuspaineet kasvavat olennaisesti: luotettavuus- ja saatavuusvaatimukset ovat suuret, mutta samalla valmius maksaa siirrettävästä (suuresta) kapasiteetista on suhteellisen alhainen. Tällöin tehokas verkon- ja palvelunhallinta tulee entistä tärkeämmäksi. Samoin korostuu joustavuus verkon ja sen päätelaitteiden toteutus- ja hallintateknologioissa. Verkonhallinnassa nykyinen, etenkin mobiiliverkoissa tyypillinen vertikaalinen hallinta todennäköisesti horisontaalistuu, operoijien määrä kasvaa ja arvoketjut uusiutuvat. Verkon kompleksisuus tulee piilottaa loppukäyttäjiltä ja operoijilta. Verkon, päätelait-

teiden ja sovellusten automaattinen konfigurointi tulee kehittymään.

Suomella on kokonsa ja yhtenäisen yhteiskuntarakenteensa vuoksi mahdollisuuksia toimia integroituvien, saumattomasti yhteentoimivien gigabit-tasoisien heterogeenisten verkkojen kokeilukenttänä. Näin syntyy ja kaupallistetaan uusia innovaatioita. Suomi voisi olla konvergenssia hyödyntävä ”mallimaa”, jossa VoIP kulkee mobiiliin päätelaitteeseen ja sekä hyötypalvelut että viihde ovat kaiken aikaa kulkiessa saatavilla ja hyppysissä.

Sovellus- ja innovaatiomahdollisuuksia on sekä laajemmilla alueilla että kapeammilla nicheillä. Ensin mainituista keskeisiä ovat radorajapintaan ja rajalliseen taajuuspektriin liittyvät kysymykset. Myös verkkoarkkitehtuuriin, uusiin verkkotopologioihin, mobiliteettiin ja turvallisuudenhallintaan liittyvät kysymykset ovat olennaisia. Päätelaitteissa korostuu joustavuus – esimerkiksi moniradiopäätelaitteista siirryttäen hiljalleen kognitiivisiin radoratkaisuihin.

Kapeat, korkean kannattavuuden nichet, joilla on globaalit markkinat, ovat myös kiintoisia. Näitä nichejä löytyy mm seuraavilta alueilta:

- verkonhallinta
- palvelunhallinta
- verkon suunnittelu
- verkon testaus
- verkon mittaus ja optimointi
- verkon tukitoiminta
- käyttäjäkeskeiset teknologiat, jotka mahdollistavat käyttäjän aktiivisemmän roolin palvelun ja sisällöntuotannossa
- päätelaitteiden väliseen suoraan kommunikointiin liittyvät sovellukset
- kontekstin sitominen tietoliikenteeseen
- mesh/adhoc-verkot
- sensoriverkot
- perinteisesti vahvat metsä- ja metalliklusterit

- terveydenhuolto, vaateteollisuus, ajoneuvoteollisuus
- ympäristötiede, liikuntatiede.

Keskeistä on tutkimustyön ja yritysten tiivis, toisiaan kirittävä vuorovaikutus, joka koskee sekä verkkotason ongelmatiikkaa että kapeampia nichesovelluksia (ks. edellä), kuten myös eri teknologioita ja tieteenalueita (ks. edellä). Teknologioiden kehittämisen lisäksi on painostettava niiden kokeiluun ja edelleen innovaatioiden kaupallistamiseen. Tällöin keskeistä on monialaisuus, sovellusalueiden liiketoimintaosaaminen, järjestelmäosaaminen, projektinhallinta ja verkottunut alihankinta.

Radiorajapinnoissa korostuu taajuusspektrin tehokamman käytön tutkimus sekä verkon ja sen pääte-laitteiden väliseen vuorovaikutukseen liittyvä tutki-mus. Verkkojen välisessä yhteistoiminnassa korostuu syvälinen verkkotason tutkimus, kompleksisuuden hallinta mallipohjaista kehitystä hyväksi käyttäen, mobiiliteetin hallinta, tietoturva, luotettavuus ja protokol-lat. Kapeammilla nicheillä ohjelmistotekniikka on kes-keisessä roolissa yhdessä syvälinen verkkotason ym-märryksen kanssa.

Esimerkkejä

Kansalaisen mobiilit työkalut

Osaamisalueen kohteena on tietoliikenne ja siihen liittyneinä hyvin monet muut alat. Mobiiliutta vaatii jokaisen tarve käsitellä töitänsä, vapaa-aikaansa yms. heti sillä hetkellä, kun asia on akuutti. Tavoite-tilassa jokaisella olisi kännykässä joukko työkaluja, joilla liikkeellä olevan elämä helpottuu. Ihmiset ovat valmiita maksamaan tekniikasta herkemmin kuin palveluista; asioita halutaan tehdä itse. Pitäisi siis miettiä, mitä asioita voi sisällyttää tulevaisuuden elektroniikan ja tietoliikenteen avulla yhteen laitteeseen.

Kansalaisen tietoturvaluus ja turvallisuus

Osaamisalue liittyy tietoturvaan. Kun maksaa sähköisesti laskuja ja samaan tietovirtaan pääsee kä-siksi kuusi miljardia ihmistä, osalla ei ole mitään hä-vittävä. Ei siis ihme, että jossain vaiheessa rahoja häviää ja maksujen maksaminen sähköisesti ei tun-nu enää turvalliselta. Kaatuuko pankkiala vai pala-taanko kiinteisiin linjoihin? Globalisaation edetessä myös turvallisuus koetaan vaarantuneeksi, turvalii-ketoiminta kasvaa. Sovelluksia ovat tietoturvan uu-det järjestelmät (ohjelmistot, laitteet).

Palveluiden kehittäminen

Palveluiden kehittämistä voidaan ja tulee tarkastella hyvin monesta näkökulmasta, esimerkkeinä tieto- ja viestintäteknologia, design, käyttäytymistieteet, vies-tintä/media ja terveydenhuolto.

Palvelusektorin merkitys niin Suomen kuin EU:n tasolla kasvaa vuoteen 2015 mennessä merkittävästi teollisen tuotannon ja myös tutkimus- ja kehitystoi-minnan siirtyessä yhä selkeämmin halvemman kustannustason maihin.

Tietoyhteiskunnassa sisällöt ja palvelut siirtyvät kiihtyvää vauhtia digitaaliseen muotoon. Digitalisoi-tuminen edellyttää muun muassa täysin uusien palvelu-konseptien ja liiketoimintamallien kehittämistä sekä prosessien ja toimintamallien uudistamista. Samanai-kaisesti tekijänoikeuskysymykset nousevat merkittä-väksi haasteeksi, johon on löydettävä maailmanlaajui-sia ratkaisuja.

Toisaalta Suomessa ja Euroopassa kehitetyillä sähköisillä palveluilla ja palvelukonsepteilla on selkeää vientipotentiaalia. Visio "sähköisistä palveluista uusi Nokia" on noussut esille useissa viime aikoina käydyissä keskusteluissa.

Väestön ikääntyminen asettaa erityisiä haasteita sosiaali- ja terveydenhuollon palveluiden kehittämisel-le, mutta luo samalla myös vientimahdollisuuksia. Äly-



kotien ja itsenäisen suoriutumisen apuvälineiden kehittäminen on osa tätä kokonaisuutta.

Samanaikaisesti myös viihde/elämysteollisuus digitalisoituu ja tarjoaa uudenlaisia liiketoimintamahdollisuuksia kulttuuri- ja sisältöpalveluissa, koska jakelukustannukset jäävät digitaalisessa levityksessä alhaisiksi. Toisaalta näiden mahdollisuuksien realisointi edellyttää muun muassa tekijänoikeuksiin ja mikro-maksamiseen liittyvien ongelmien ratkaisemista. Kehitystä kuvaa se, että vuonna 2005 levymyynti laski esimerkiksi USA:ssa, mutta musiikin lataaminen verkosta kasvoi samaan aikaan kiihtyvää tahtia.

Liikenneturvallisuuteen ja liikenteen toimivuuteen voidaan vaikuttaa merkittävästi kehittämällä liikenteen telematiikkaa. Suomi on tällä osa-alueella jo nyt edelläkävijä. Tieto- ja viestintäteknikan käyttöönotto kuluneissa mahdollistaa aivan uusien innovaatioiden synnyttämisen muun muassa paikannukseen, onnettomuus- ja ruuhkatilanteiden hoitamiseen sekä matkojen suunnitteluun.

Erityisen merkittävä osa-alue on perinteisen palvelutuotannon tehostaminen tieto- ja viestintäteknologian avulla. Tämä edellyttää prosessien ja toimintamallien sekä rakenteiden uudistamista tekniikan käyttöönoton rinnalla.

Perinteisen palvelutuotannon tehostamista tieto- ja viestintäteknologian avulla on tutkittu sangen vähän. Myös mittarit, joilla mitataan tieto- ja viestintäteknikan käyttöönoton vaikutuksia tuottavuuteen, ovat pitkälti makrotason mittareita. Tällä osa-alueella tarvitaan lisää perustutkimusta. Keinoja ovat Living lab -konseptien kehittäminen sekä henkilöstön ja asiakkaiden kytkeminen entistä tiiviimmin prosessien ja toimintamallien uudistamiseen.

Perinteisen teollisuuden uudistaminen

Tieto- ja viestintäteknologiaa voidaan käyttää tuotavuuden nostoon perinteisillä teollisuudenaloilla kuten

puu-, paperi- ja metalliteollisuudessa, vielä rakennustekniikassa ja kemian alalla. Näin on toki tehtykin, mutta alojen yhteistoiminnassa on vielä paljon tekemistä. Metsä- ja metalliklusterit tarjoavat runsaasti selkeitä mahdollisuuksia, mutta myös esim. rakennusteollisuus ja palvelusektori voivat hyötyä tieto- ja viestintäteknologian kehittymisestä nykyistä enemmän.

Tieto- ja viestintäteknologian käytöllä voidaan teollisuuden tehokkuutta parantaa huomattavasti. Tuotannossa prosessien valvonta ja seuranta, laaduntarkkailu, ajantasainen tuotanto, logistiikka jne. ovat alueita, joissa tietoteknisillä sovelluksilla ja menetelmillä voidaan saavuttaa merkittäviä parannuksia.

Esimerkiksi sopii anturitekniikan kehittyminen. Luotettavilla ja halvoilla antureilla voidaan seurata prosessin etenemistä tai tuotteen elinkaarta paljon aikaisempaa paremmin: laatu paranee, hävikit vähenevät. Antureilla voidaan myös tarkastella esimerkiksi rakennuksen tilaa koko sen elinkaaren yli.

Tieto- ja viestintäteknologiaa käytetään laajasti toisaalta tuotannonohjauksessa, toisaalta yleishallinnossa, mutta monet sovellukset ovat erillisiä, eikä uusien laite- ja anturiratkaisujen antamia mahdollisuuksia juurikaan ole otettu käytäntöön. Tuotekehityksessä tietotekniikan käyttö saattaisi lyhentää kehityssykliä paljonkin.

Alueen kehittäminen vaatii toimia sekä tutkimusrahoituksen että koulutuksen puolelta. Suomen Akatemian tutkimusohjelma "Tietotekniikan soveltaminen kone-, rakennus- ja automaatiotekniikkaan" (KITARA) on esimerkki ohjelmasta, joka toivottavasti luo osaa alueelle. Akatemian ja Tekesin jatkuva yhteistyö lienee tälläkin alueella välttämätöntä. Myös perinteisen teollisuuden koulutuksessa tulisi parantaa yhteyksiä tieto- ja viestintäteknologiaan, ja vastaavasti tietotekniikan alueella koulutuksen tulisi sisältää enemmän materiaalia perinteisen teollisuuden sovelluksista ja mahdollisuuksista.

Esimerkkejä

Rakentamisen ja ympäristön 4D-tietotekniikka, Digital City

Osaamisalueen teknologioita ovat rakentaminen, tietotekniikka, 3D-mallinnus, virtuaalitodellisuus, mobiilit ratkaisut, yhdyskuntatekniikka, tietojenkäsittely ja kuvantaminen.

Alue palvelee rakentamisen elinkaariajattelua, halua tehdä hyvin suunniteltuja ja korjattavia rakennuksia sekä ympäristön suunnittelua samalla vakaavuudella. Muita motiiveja ovat yksittäisen ihmisen halu katsella maailman menoa vaikka virtuaalisesti. Tärkeää on myös kaupunkien teknisten järjestelmien dokumentointi. Sovelluksia on esimerkiksi tulevaisuuden talon suunnittelu. Osaamisalue edellyttää rakentajien, tietoteknikoiden ja 3D-mallintajien yhteistyötä sekä pitkäjänteistä yhteistyötä kaupunkien kanssa.

Yhteiskunnan digitaaliset tietoinfrastruktuurit

Yhteiskunnan digitaaliset tietoinfrastruktuurit (paikkatietoinfrastruktuurit, viranomaisten sähköiset arkistot, digitaaliset kulttuuriarkistot, kaupunkien, kuntien tietoinfrastruktuurit ja muut digitaaliset tietovarannot), niiden tehokas kerääminen, digitalisoiminen, ajantasaistus ja yhteiskäyttö tarjoavat kansalaisille, viranomaisille, yrityksille, tutkijoille ja muille käyttäjille mahdollisuuden saada ajantasaista tietoa haluamasta asiasta. Tietojen yhdistäminen eri lähteistä on helppoa. Tämä myös tarjoaa mahdollisuuden parempaan päätöksentekoon, prosessien kustannussäästöön, yhteiskunnan organisaatioiden sisäiseen tuottavuuden parantamiseen ja uusiin lisäarvomahdollisuuksiin teollisuudessa ja palvelualoilla.

Keskeiset paikkatietoaineistot Suomessa on kuvattu mm. Kansallisessa paikkatietostrategiassa

2005–2010 (Liite 1, s. 27–28, www.mmm.fi/patine/paikkatietostrategia2005.pdf).

Digitaaliset tietoinfrastruktuurit -osaamisalueessa yhdistyvät paikkatiedon keräämis- ja esittämisteknologiat (kaukokartoitus ja geoinformatiikka), navigointi ja paikannus (paikkatietojen käyttö), yhteiskuntatekniikka, tietojenkäsittelyteknologia, yhdyskuntatekniikka, arkkitehtuuri, selainteknologia, tietojen analysointiteknologiat, päätelaitteet, tallennusteknologiat, tietoliikenne, rfid-teknologia (älykäs ympäristö), kaikkiallinen tietotekniikka, kulttuuritieteet ja viestintä.

Tietojen yhdistäminen tarjoaa mahdollisuuden tietojen hyödyntämiseen, analysointiin, jalostamiseen ja visualisointiin. Mm. paikkatietoja hyödynnetään laajasti erilaisissa käyttötarkoituksissa, kuten ympäristön seurannassa, kiinteistöhallinnassa, maa- ja metsätaloudessa, maankäytön suunnittelussa, liikenteen ja kuljetusten ohjauksessa, navigoinnissa ja maanpuolustuksessa.

Kansalaisilla ja yrityksillä on tarve saada tietoa yhteisesti kerätyistä digitaalisista tietovarannoista, jotta he voivat jalostaa tietoa edelleen. Tietojen onnistunut yhteiskäyttö ja saatavuus johtavat tietovarantojen käytön tehostumiseen, monipuolistumiseen, uusien palveluiden syntyyn ja eri tahojen tiedonsaannin paranemiseen. Yhteiskäyttö tarjoaa osaltaan hyvät puitteet kansallisen tietoyhteiskunnan kehittymiselle ja kansainväliselle yhteistoiminnalle.

Hyvälaatuinen henkilökohtainen paikannusteknologia ja mobiilit päätelaitteet ovat tärkeä elementti digitaalisten tietoinfrastruktuurien hyödyntämisessä. Henkilökohtainen paikannus yhdessä digitaalisten tietoinfrastruktuurien kanssa tarjoaa laajat mahdollisuudet palveluille ja uusille tuotteille (LBS, henkilökohtainen navigointi, virtuaalisen ja todellisen maailman sekoittuminen eli ns. augmented reality, erilaiset ohjaus- ja avustuspalvelut sekä ambient intelligence -sovellukset).



Sen lisäksi, että sisältövaranto on vuonna 2015 digitaalisesti tallennettu ja toivottavasti yhteiskäytössä, myös kohteet on hyvin laajasti tallennettu kolmiulotteisesti. Tämä tarjoaa sisällön ja kuvan (mielikuvan) yhdistämisen erilaisilla tavoilla. Kolmiulotteiset mallit mahdollistavat paremman yhteiskuntasuunnittelun (mm. melumallit) sekä saasteettomamman ja miellyttävämmän ympäristön. Rakentaminen voidaan toteuttaa optimaalisesti ja ympäristöä säästään, kun työssä otetaan huomioon koko digitaalisten tietovarantojen tieto.

Aineistojen pitäminen ajantasaisina on haaste koko yhteiskunnalle. Mahdollisimman automaattisia, uusiin tekniikoihin perustuvia ajantasaistusmenetelmiä tulisi kehittää.

Tietojen yhdistäminen tarjoaa lukuisia palveluita. Haasteena on alueen erittäin laaja kenttä ja toimijoiden moninaisuus – osallisia ovat ministeriöt, kunnat, kaupungit, yritykset, tutkijat jne.

Toimintaa tulisi kehittää siten, että puitteet kansalliselle tietoyhteiskunnalle voitaisiin luoda kaikkien toimijoiden yhteistyöllä. Tämä edellyttää niin Tekesin ja eri ministeriöiden yhteistyötä kehityshankkeissa. Mm. paikkatieto- ja tietoyhteiskunta-asioilla on neuvottelukuntansa, mutta koko kansallisen järjestelmän linkittäminen yhteiseen käyttöön edellyttäisi ilmeisesti korkeamman tason suunnittelua eli ministeriöiden yhteistyötä yhdessä yritysten ja tutkimustahojen kanssa.

Hyvä lähtökohta olisi kehittää tietoinfrastruktuuria siten, että erityisesti otettaisiin huomioon teollisuuden mahdollisuus palveluiden ja lisäarvon tuottamiseen eri aineistoista. Yhtä tärkeää on yksittäisen kansalaisen mahdollisuus saada eri lähteistä tietoa saumattomasti. Tällainen edellyttänee demonstraatioalueita, joissa tulevaisuuden digitaalinen tietoinfrastruktuuri ja palvelut luotaisiin koealueille. Demonstraatioita voitaisiin rahoittaa ohjelmilla.

Osaamisaluetta parhaiten kehittäisivät tutkimus-, tuotekehitys- ja toteuttamisohjelmat, joissa eri ministeriöt – mm. MMM, LVM, OPM (SA), YM, KTM (Tekes) – ja yritykset voisivat osallistua. Osaavia ryhmien yhteistyötä tutkimuksen, kehittämisen ja infrastruktuurin luomiseksi tarvitaan.


Valtion sisäistä tuottavuutta (tuottavuusohjelmat) voidaan parantaa ottamalla käyttöön uusia tehokkaita tiedonkeruumenetelmiä paikkatietojen tuottamiseksi. Valtiontaloudessa työpaikkojen määrä vähenee, ja silti tuotettavan tiedon tarve vain kasvaa. Tämä mahdollistaa tehostusapua tarjoavien tietotekniikka-alojen kasvun ja kehittämisen ja siten myös vientitoiminnan.

Ohjelmistoteollisuuden rooli

Ohjelmoinnin ja ohjelmistojen rooli on aivan keskeinen tietotekniikan kehityksessä. Yhä suurempaa osaa yhteiskunnan toiminnasta ohjataan ja kontrolloidaan ohjelmistojen avulla. Samalla yhteiskunta tulee yhä riippuvaisemmaksi ohjelmistoista, niiden kehittämisestä ja niiden luotettavasta toiminnasta. Ohjelmistojen koko ja kompleksisuus kasvavat koko ajan. Nykyisten sovellutusten luotettavuus on heikko, ja niiden kehittäminen on hankalaa, kallista ja aikaa vievää. Tulevaisuudessa ohjelmistojen kompleksisuus tulee tästä vielä kasvamaan. Ellei menetelmiä paranneta, ohjelmistoihin liittyvät ongelmat vain pahenevat. Ohjelmistotekniikan puitteet voivat muodostaa tietotekniikan kehityksen pullonkaulan. Korkean osaamisen ylläpitäminen Suomessa ohjelmistotekniikan alalla on keskeisen tärkeätä teollisuuden kilpailukyvyn kannalta.

Ohjelmistotekniikka on keskeinen tutkimuskohde tietotekniikan, tietojenkäsittelytieteen, tietoliikenteen ja tietojärjestelmätieteen tutkimusalueilla, ja se on keskeinen kehityksen kohde useimmille suurille ja keskisuurille yrityksille.

Ohjelmistot muodostavat ehkä tärkeimmän tukipilarin tietoyhteiskunnan järjestelmissä. Siksi on tärkeää,



että ne toimivat hyvin ja luotettavasti ja kehittyvät joustavasti muuntuvien tarpeiden mukaisesti. Ohjelmistojen laatu ja toimintavarmuus ei kuitenkaan vastaa yhteiskunnan tarpeita. Ohjelmistot ovat aivan liian epäluotettavia, ja niiden muunneltavuus on heikkoa. Osaksi syy tähän on nykyisten ohjelmistojen valtava kompleksisuus, mutta myös teollisuuden käyttämissä prosesseissa ja akateemisen tutkimuksen tasossa on paljon parantamisen varaa. Akateemisen tutkimuksen erityinen hankaluus on tutkia eri ohjelmointitekniikojen ja -prosessien toimivuutta kokeellisesti. Teollisuus on taas usein ollut melko hidas omaksumaan uusia menetelmiä. Hyvin toimivat ohjelmistojen kehittämissä prosessit muodostavat keskeisen mahdollistavan komponentin monien muiden alojen kehityksessä, sekä teollisuuden että tutkimuksen puolella.

Ohjelmistot muodostavat keskeisen komponentin melkein kaikissa teknologiatuotteissa, ja niillä on ratkaiseva asema yhteiskunnan infrastruktuurien ylläpitämisessä. Myös tutkimustoiminnassa ohjelmistot ovat merkittäviä työkaluja. Vahva ohjelmistotekniikan osaaminen tarjoaa yleisen etulyöntiaseman Suomelle kaikilla teollisuuden aloilla. Kuluttajille voidaan tuoda monipuolisempia ja toimintavarmempia ohjelmistointensivisiä tuotteita. Samalla vankka ohjelmistotekniikan osaaminen mahdollistaa uusien innovaatioiden edellyttämien haastavien ohjelmistojen nopean rakentamisen.

Ohjelmistotekniikan tutkimusta olisi lisättävä kauttaaltaan. Ohjelmistotuotannon tutkimusta tulisi tukea ja mm. ohjelmoinnin ja ohjelmistotuotannon prosesseja kehittää. Perustutkimus on tärkeätä. Ohjelmien luotettavuuden ja oikeellisuuden tutkimus on keskeisessä asemassa kehitettäessä uusia ja parempia ohjelmointitekniikoita, samoin kuin ohjelmointia helpottavien työkalujen ja -ympäristöjen luominen.

Alan tutkimuksen keskeisimpiä haasteita on vahvistaa kokeellisen ohjelmistotekniikan tutkimusta. Tällä hetkellä ohjelmistotekniikan tutkimusta haittaa kokeellisen feedback-mekanismin puute, jota ei ole kyetty rakentamaan resurssien puutteen takia. Ohjelmistojen rakentaminen vaatii henkilöresursseja, ja suurten ohjelmistojen rakentaminen vaatii ihmistyötä erityisen paljon. Uudet ohjelmointimenetelmät kehitetään yleensä akateemisen tutkimuksen piirissä, mutta niiden toimivuutta käytännössä ei päästä kokeilemaan resurssien puutteen takia. Teollisuudella on resurssit suurten ohjelmistojen rakentamiseen, mutta se ei ole taloudellisten riskien takia erikoisen halukas kokeilemaan uusia ohjelmistotekniikoita. Ratkaisu olisi lisätä ohjelmistotekniikan tutkimuksen rahoitusta niin, että akateemisessa ympäristössä voidaan toteuttaa myös suurempia ja vaativampia ohjelmistokehitysprojekteja, joissa samalla kokeillaan uusien tekniikoiden toimivuutta käytännössä.

Suurten ohjelmistojen kehittäminen muiden tieteenalojen tarpeita varten tarjoaisi oivan mahdollisuuden luoda kokeellista ohjelmistotekniikkaa ja parantaa ohjelmistojen laatua akateemisessa ympäristössä. Esimerkkejä tällaisista aloista ovat laskennalliset tiedet, esimerkiksi tällä hetkellä erityisen vahvasti nousevat biotekniikan laskennalliset sovellutukset. Muita esimerkkejä ovat tiedon hakuun, hallintaan ja analyysiin liittyvät ohjelmistot, samoin kuin tietoliikenteen ohjelmistot ja infrastruktuurit.

Avoin lähdekoodi muodostaa erityisen kiinnostavan haasteen ohjelmistotekniikan tutkimuksen kannalta. Avoin lähdekoodi sopii hyvin akateemiseen tutkimusympäristöön, ja se on myös alkanut saada kannatusta teollisuudessa. Suomen kannattaisi panostaa avoimen lähdekoodin ohjelmistojen kehittämiseen, koska on todennäköistä, että tämäläiset ohjel-



mistot lisääntyvät tulevaisuudessa ja niiden epäsuora taloudellinen merkitys tulee kasvamaan.

Esimerkkejä tutkimuskohteista:

- kokeellinen ohjelmistotekniikka
- avoimen lähdekielien ohjelmistot
- formaalien menetelmien käyttö ohjelmistojen rakentamisessa
- ohjelmistoarkkitehtuurit
- ohjelmistojen oikeellisuuden ja luotettavuuden kehittäminen
- ketterien (agile) ohjelmistoprosessien kehittäminen.

Esimerkkejä

Avoim lähdekoodi

Avoimen lähdekoodin tutkimus on ennen kaikkea tietotekniikan sisäinen tutkimusalue, mutta sen sovellutukset ovat kaikkialla nähtävissä. Keskeistä olisi kehittää avoimen lähdekoodin kehittäminen menetelmiä, hajautettua yhteistyötä tukevia työkaluja sekä avoimeen lähdekoodiin liittyviä liiketoimintamalleja.

Ohjelmistot ovat tulossa erittäin keskeisiksi komponenteiksi yhteiskunnan toiminnassa. Ohjelmistojen markkinamekanismit näyttävät helposti antavan lähes monopoliaseman markkinajohtajalle. Jos suurin osa ohjelmistoista on suljettuja, yhteiskunta tulee erittäin haavoittuvaksi ja helposti riippuvaiseksi yhdestä ainoasta toimittajasta ainakin, kun on kyse suurimmista ohjelmistoista. Tämä on huomattava vaara jo kymmenen vuoden tähtäimellä. Jos lähdekoodi on avoin, kuka tahansa voi lähteä parantamaan ja sovittamaan sitä omiin tarpeisiinsa, jolloin riippuvuutta ei synny. Yritysten toimintaedellytykset Suomessa tulevat myös parantumaan,

koska ohjelmistoihin tulee enemmän valinnanvaraa.

Avoim lähdekoodi antaa hyvän pohjan uusille innovaatioille muilla tutkimuksen ja tuotekehityksen aloilla, kun valmista ja helposti muokattavaa ohjelmistoa on helposti saatavissa. Tällä tavoin päästään nopeammin rakentamaan tuotteita, jotka vastaavat kuluttajien muuttuviin tarpeisiin. Avoimen lähdekoodin kehittäminen on myös oma osaamisalueensa, jossa liiketoimintamalli on lähempänä palvelualaa kuin ohjelmistotuotantoa. Keskeiset toiminnot ovat avoimien ohjelmistojen kehittäminen ja niiden sovittaminen sekä ylläpitäminen teollisten toimijoiden tarpeiden mukaisesti.

Avoimen lähdekoodin rakentaminen voisi olla yhteiskunnan ylläpitämää toimintaa aivan samoin kuin tieteellinen tutkimus ja taide tällä hetkellä. Tällä taataan, että käytettävissä olevaa teknologiaa on helposti ja runsaasti saatavissa. Ohjelmistokehityksessä on tuettava varsinkin sellaista toimintaa, jolla voidaan katsoa olevan strategista merkitystä Suomelle. Esimerkkejä tästä ovat keskeiset infrastruktuurirakenteet, joissa standardointi on tärkeämpää kuin kaupallinen hyöty – sehän helposti joka tapauksessa jää saavuttamatta, jos muut eivät liity standardiin. Olisi tärkeätä suunnata tutkimus- ja kehitysvaroja avoimen lähdekoodin ohjelmistojen kehittämiseksi. Tämä rahoitus olisi erilainen kuin puhdas tieteellisen tutkimuksen tukeminen, koska tarkoituksena olisi kehittää ohjelmistoa eikä luoda uutta tietoa. Usein ohjelmisto voi jopa olla jo olemassa olevan suljetun ohjelmiston mukainen, mutta avoin. Pullonkaulana tällä hetkellä on avoimen ohjelmistokehityksen tuki: teollisuuden ja valtiovallan pitäisi päästä yhteisymmärrykseen tämän toiminnan tarpeellisuudesta ja tukimuodoista. Pullonkaula voi myös olla teollisten IPR-oikeuksien ja avoimen

lähdekoodin IPR:n yhteensovittaminen. Rahoituksen suuntaaminen vaatii myös omia asiantuntijaeliimiä, jotta voitaisiin toteuttaa jonkinlaista pitkäjänteistä strategiaa ja seurata rahoituksen käyttöä ja tuloksellisuutta.

Biotietotekniikkaa tuettava

Biotietotekniikka liittyy biologiaan, tietotekniikkaan, lääketieteeseen ja prosessitekniikkaan. Bioteollisuus tuottaa erilaisia biologiaan perustuvia aineita ruoka-aineisiin, lääkkeisiin, teollisuusprosesseihin jne. Terveydenhuoltoon ja lääketieteeseen liittyvät tarpeet tulevat yhä tärkeämmiksi väestön ikääntyessä ja lääkehoiton kulujen kasvaessa. Teollisuus tarvitsee aikaisempaa enemmän ja puhtaampia entsyymejä ja muita syvälliseen kemialliseen osaamiseen liittyviä aineita.

Uudet menetelmät erilaisten yhdisteiden valmistamiseksi tarjoavat laajoja liiketoimintamahdollisuuksia. Uusia lääkkeitä, entsyymejä, funktionaalisia elintarvikkeita ja muuta vastaavaa voidaan kehittää ja olemassa olevien valmistustapoja parantaa.

Suomessa on erinomaista osaamista biolääketieteen ja tietotekniikan alueilla, mutta teemojen yhdistyminen on toistaiseksi ollut melko vähäistä. Huippubiotekniikan ja tietotekniikan symbioosin lisäksi tulisi huolehtia siitä, että helpommin lähestyttävät bioalueet (kuten entsyymituotanto) saavat myös tukea. Samoin bioinformatiikan ja systeemibiologian tuesta on huolehdittava jatkossakin.

Esimerkkejä

Virtuaalisolun rakentaminen

Alue koskettaa biologiaa, biokemiaa, lääketiedettä ja tietotekniikkaa. Keskeiset tieteenalat ovat tässä systeemibiologia, tietojenkäsittelytiede ja lasken-

nallinen tiede (computational science), etenkin kompleksisten järjestelmien mallittaminen ja simulointi. Keskeisenä tavoitteena on rakentaa malli elävän solun erilaisten mekanismien toiminnalle sekä näiden mekanismien vuorovaikutukselle.

Biologian, biokemian ja lääketieteen tutkimustoiminta luo jatkuvasti ja yhä nopeammin tietoa solun toiminnasta. Tämä tieto paljastaa askel askeleelta elävän solun monimutkaisia, mutta kuitenkin erittäin tehokkaita toimintamekanismeita, jotka ovat kehittyneet miljardien vuosien ajan, luonnollisen vallinnan seurauksena. Generoitu tieto on valtava ja kompleksinen. Tiedon ymmärtäminen edellyttää, että rakennetaan malleja jotka pystyvät kuvaamaan näiden järjestelmien toimintaa. Laskennalliset mallit (virtuaalisolu), joita voidaan simuloida ja joiden perusteella voidaan tehdä ennustuksia, muodostavat keskeisen tutkimuksen työvälineen. Eri komponenttien väliset vuorovaikutukset on liian vaikeata havaita ja hahmottaa ilman vahvoja simulointityökaluja. Laskennalliset mallit antavat hyvän pohjan uusien kysymyksenasettelujen tekemiseen, kun mallit validoidaan tai haetaan selityksiä poikkeavuuksille. Samoin ne antavat hyvän pohjan ymmärtää solun vajaatoimintaa ja pyrkiä korjaamaan sitä.

Toimiva malli solun jollekin mekanismille antaa hyvän pohjan lääketieteellisen diagnoosin ja hoidon kehittämiseksi. Tämä tarjoaa myös vahvan perustan lääketieteellisyydelle ja uusien lääkkeiden kehittämiseksi. Eri lääkkeiden yhteis- ja vuorovaikutusta voidaan tutkia paremmin, kun ymmärretään, miten solun eri mekanismit toimivat yhdessä.

Tutkimustoimintaa tulisi lisätä. Pitäisi parantaa poikkitieteellisen tutkimuksen edellytyksiä. Koulutuspuolella olisi ehkä syytä aloittaa laajempia tieto-



ja biotekniikan yhteisiä koulutusohjelmia ja tutkijakouluja. Näitä on jo olemassa, mutta ala on laaja.

Tiedon louhinta biologisissa sovelluksissa

Alue liittyy sekä biologiaan että tietotekniikkaan. Taustana on biologisen mittausinformaation määrän räjähdysmäinen kasvu. Genomien sekvenssejä saadaan selville kiihtyvällä vauhdilla, geenien toiminnasta soluissa saadaan huikeat määrät tietoa, ja epidemiologiset seurantatutkimukset antavat uusia mahdollisuuksia suurten kansantautien selvittelyyn ja hoitoon. Tämän datatulvan hyödyntäminen vaatii uusia tietojenkäsittelymenetelmiä, jotka tulee kehittää soveltajien kanssa yhteistyössä. Data-analyysin ja sen biologisten sovellusten alueella Suomessa on maailman huippuluokkaa olevia tutkimusryhmiä (mm. 3–4 Akatemian huippuyksikköä). Epidemiologiset ja geneettiset aineistot ovat samoin mainioita. Aineistojen käyttö on toistaiseksi melko vähäistä.

Terveystieteiden alueen kulut kasvavat jatkuvasti, ja väestön ikääntyminen tulee asettamaan uusia haasteita. Lääkekehityksen kulut kasvavat ja tuotot vähenevät. Uusilla data-analyysimenetelmillä voidaan kehittää aikaisempaa parempia hoitomuotoja.

Data-analyysin menetelmiä tarvitaan mm. lääkekehityksessä, lääketieteellisten hoitojen henkilökohtaistamisessa jne. Esimerkiksi lääkityksen nykyistä yksilöllisempi määrääminen saattaisi parantaa hoitotuloksia merkittävästi: tähän on suuri tarve esim. sydäntautien ja muiden merkittävien kansantautien hoidossa.

Alueen opetus ja tutkimus kaipaavat keskitettyä ja kohdennettuja lisäpanostuksia. Akatemialla ja Tekesillä on alueella keskeinen rooli. Alaan liittyvän teollisuuden kehittymistä tulee tukea.


Laitteistoteollisuus muutoksessa

Elektroniikan tuotteiden ja elektroniikkaa sisältävien tuotteiden määrä kasvaa jatkuvasti Suomessa kuten muuallakin maailmassa. Tuotteet sisältävät lähes poikkeuksetta sulautettuja ohjelmistoja. Elektroniikalla ja sulautetuilla ohjelmistoilla saadaan tuotteisiin lisää ominaisuuksia, suorituskykyä ja käytettävyyttä. Tuotteet ovat usein laajoja kokonaisuuksia, joiden suunnitteleminen ja valmistamiseen tarvitaan monitekniikkaosaamista. Hyvä esimerkki tällaisesta monitekniikkaosaamista vaativasta tuotteesta on kännykkä. Suomalaisen elinkeinoelämän kannalta on erinomaisen tärkeää olla uuden teknologian luoja, huippuosaaja ja hyödyntäjä. Elektroniikkaa ja sulautettuja ohjelmistoja pitää käyttää entistä enemmän kilpailukykyisten tuotteiden mahdollistajina. Nämä tuotteet voivat sekä avata uusia markkinoita että uudistaa perinteistä teollisuutta.

Puolijohdeteollisuuden valtavirta perustuu piihin. Piille tehdään yhä pienempiä kuvioita, ja piistä tehdään yhä ohuempaa, jotta siitä tehtyjä komponentteja olisi helppo liittää osaksi joustavia, litteitä tuotteita. Valtavirta-CMOS-tekniikan lisäksi piistä tehdään mikromekaanisia laitteita.

Puolijohdeteollisuuden päälle on kehittynyt järjestelmien rakentaminen. Kokonainen järjestelmä voidaan rakentaa piille. Toisaalta on kehitetty tekniikoita, joissa elektroniikkajärjestelmä rakennetaan piirikortille esimerkiksi tekemällä passiivikomponentit suoraan piirilevyille ja upottaen aktiivikomponentteja piirilevyn sisään. Yksinkertaisia elektroniikkajärjestelmiä tehdään jopa kännyköiden muovikuoriin.

Piitekniikalle vaihtoehtoisia teknologioita syntyy johtavien polymeerien kehittymisen myötä, kuten myös nano- ja biotekniikoissa. Haasteena tällä alueella on pystyä kehittämään komponentteja, ja vielä suu-



rempana haasteena on kokonaisten järjestelmien rakentaminen komponenteista. Uudet materiaalit tarjoavat mahdollisuuksia myös aivan uudenlaisten tuotantomenetelmien käyttöön. Esimerkistä käy todella nopea rullalta rullalle -elektroniikkatuotanto. Elektroniikkajärjestelmien tuottaminen korostaa suunnitteluosamista ja sovellusalueiden syvällistä ymmärtämistä.

Elektroniikalla on jo nyt ollut valtava vaikutus sekä elinkeinoelämään että yhteiskuntaan. Tulevaisuudessa elektroniikan vaikutukset vielä moninkertaistuvat. Elektroniikka pienenee ja ohenee. Se leviää jokapäiväisiin tuotteisiin ja alkaa kadota näkyvistä. Elektroniikkaa on kaikkialla ihmisen elinympäristössä, ja elektroniikka auttaa ihmistä hänen jokapäiväisten ongelmiansa parissa.

Kaikkiällisen elektroniikan sovellusmahdollisuuksia on runsaasti. Tässä muutamia esimerkkejä: Elektroniikka lisääntyy autoissa, ja se verkottuu liikenneinfrastruktuurin elektroniikkaan. Kotiin tulee pieniä huomaamattomia kommunikointiyksiköitä, jotka siirtävät video-, audio- ja mittaussignaaleja langattomasti suurella nopeudella. Kuljetuspakkauksissa on aktiivisesti viestivää elektroniikkaa tarkkailemassa kuljetuksen laatua ja perillemenoa. Elektroniikkaa on jopa kulutus-pakkauksissa tekemässä vaikuttavan näköistä dynaamisesti muuttuvaa pintaa.

Piitekniikassa Suomessa joudutaan valitsemaan tarkasti panostusalueet. Osaamista löytyy anturisolvelusten erikoispiitekniikoista ja järjestelmien rakentamisesta. Vaihtoehtoteknologiat ovat kehityksensä alkuvaiheessa, joten niissä on paljon mahdollisuuksia. Tässä vaiheessa pitää viedä tutkimusta eteenpäin laajasti, jotta nähdään, mistä tarkemmin määritellyistä alueista voisi jatkossa muodostua vahvan osaamisen alueita. Suunnitteluosaamiseen ja sovellusalueiden ymmärtämiseen kannattaa panostaa, koska niiden avulla suunnataan perustan kehitystä.

Esimerkkejä

Puolijohteille vaihtoehtoiset teknologiat

Laskennan toteutus perustuu tätä nykyä puolijohdeteknologiaan. Tällä hetkellä tietojärjestelmät pohjautuvat alimmalla kerroksella piihin ja sen päällä ohjelmistoihin. Näin tulee olemaan vallitsevasti vielä 10 vuoden ajan, mutta samanaikaisesti myös korvaavat ja uudemmat teknologiat alkavat saada jalansijaa. Näitä teknologioita löytyy esim. bio-, neuro- ja nanoteknologioiden alueilta. Suomen perusosaaminen näillä alueilla on hyvää. Ajurina kehityksessä on integrointiasteen/tiheyden ja nopeuden kasvu käsiteltävien tietomäärien ja siirtonopeuksien kasvun siivittämänä.

Käsiteltävät tietomassat ja tiedonsiirtonopeudet tulevat kasvamaan voimakkaasti. Laskennan fyysisen toteutuksen siirtyminen asteittain puolijohteista muihin teknologioihin on perustavaa laatua oleva muutos.

Muutos on perustavaa laatua. Kehitys on väistämätön, mutta suhteellisen hidas, joten Suomella on hyvät mahdollisuudet ehtiä mukaan.

Puolijohteille vaihtoehtoisten teknologioiden tutkimukseen on panostettava. Samalla on oltava herkkänä, että pienenä kansakuntana löydämme oikeat nichet ja liittolaiset. Esim. neuroteknologioiden alueella voisi vahvistaa lähialueyhteistyötä ja laajentaa osaamis pohjaa Venäjän/Pietarin kanssa, jossa on vahvat matemaattiset perinteet.



8. Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus

Puheenjohtajat

Liisa Salo-Lee, Jyväskylän yliopisto

Tuula Tamminen, Tampereen yliopisto ja
Tampereen yliopistollinen sairaala

Panelistit

Timo Airaksinen, Helsingin yliopisto

Jarmo Eskelinen, Forum Virium Helsinki

Pentti O. Haikonen, Nokia Research Center

Jaakko Hämeen-Anttila, Helsingin yliopisto

Risto Ilmoniemi, Teknillinen korkeakoulu ja Nexstim Oy

Pekka Jaakola, SWelcom

Simo Knuuttila, Helsingin yliopisto

Karmela Liebkind, Helsingin yliopisto

Heikki Luostarinen, Tampereen yliopisto

Anna Mauranen, Helsingin yliopisto

Johdanto

Luonnontieteiden ja humanististen tieteiden historiallinen erillisuus ja jakautunut maailmankuva vaikeuttavat yhä tieteidenvälistä kokonaisvaltaista ymmärtämistä, mikä tekee Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus -paneelista aihealueena innovatiivisen ja haastavan tällaisessa laajassa tieteen ja teknologian yhteisessä ennakkointihankkeessa. Tieteenalojen sektoroituminen sekä teknologian huikkea kehitys ja globalisaatio ovat omalta osaltaan haastamassa ihmisen kykyä ymmärtää – ja sen myötä hallita nykyhetkeä tai ennakoita tulevaa.

Pohjimmiltaan inhimillinen vuorovaikutus ja sen kautta syntyvä ymmärtäminen ovat perustana kaikelle kehitykselle ja tulevaisuudelle. Juuri ymmärtämistä ja inhimillistä vuorovaikutusta painottamalla on mahdollista rakentaa uusia todellisia innovaatioita ja menestystä Suomelle. Paneelin tehtävä on ollut vaativa, ja tätä raporttia on pidettävä ensi askeleena mittavan tehtävän aloittamisessa.

Raportti on syntynyt monitieteisessä vuorovaikutuksessa. Sekä suulliseen että kirjalliseen luovaan viestintäprosessiin osallistui asiantuntijoita teknologian eri alueilta, sosiaalipsykologiasta, filosofiasta, historiasta, kielitieteestä, viestinnästä, lastenpsykiatriasta ja mielen kehitystutkimuksesta sekä kulttuurintutkimuksen kentästä. Olemme tässä prosessissa pyrkineet dialogiin, avoimeen vuorovaikutukseen, jossa erilaisilla näkökulmilla on tilaa tulla esille ja synnyttää uusia ajatuksia.

Dialogi ja dialektinen ”sekä–että”-ajattelu ovat mielestämme keskeisiä vuorovaikutuksellisia haasteita ymmärtämislle myös nyky-Suomessa. Uutta luovaan dialogiin tarvitaan kuitenkin myös aikaa. Projektin rakenne mahdollisti kohtaamisen, inhimillisen vuorovaikutuksen, mutta aikataulu oli luovuutta ja monitieteistä integraatiota rajoittava.

Ryhmäämme olisi myös tarvittu muun muassa taidealojen edustajia. Taide ja luova taiteellinen toiminta antavat mahdollisuuksia ennakoita tulevaa toisenlaisten, usein ristiriitaisten ja vastakkaisten näkemysten ja ideoiden pohjalta. Juuri tämän vastareaktioiden ja valtavirrasta poikkeavien näkökulmien puutteen havaitseminen on yksi paneelimme prosessin ”tulos”.

Pääviesteiksi ryhmän työskentelyssä ja koko ennakkointiprosessin läpiviennissä tämän paneelin osalta kiitetyivät inhimillisyys ja yhteisöllisyys, joita painotamme Suomen hyvän tulevaisuuden kulmakivinä.

Muutostekijät

Monikulttuurisuus lisää tietoisuutta erilaisuudesta

Yhteiskunnan nopea monikulttuuristuminen sekä Suomessa että muualla on yksi globalisaation vaikutuksista. Globalisaatio nopeuttaa myös erilaisten arvomaailmojen kohtaamista: Vanhat ja uudet arvot elävät rinnakkain, ja uusiakin arvoja syntyy. Eri arvomaailmojen ja kulttuurien kohtaamisesta samankin maan sisällä on yhtenä esimerkkinä Kiina, jossa globalisaatio, taloudellinen vaurastuminen ja teknologian kehitys ovat nopeuttaneet muutosta. Globalisaatio ja monikulttuuristuminen lisäävät entisestään tietoisuutta erilaisuudesta sekä erilaisia reaktioita siihen. Ne aiheuttavat myös kiihkeää vastustusta ja reflektointia kulttuurista ja kulttuureista.

Monikulttuurisuus ja kulttuurienvälinen vuorovaikutus ovat parhaimmillaan mahdollisuus dialogiin, vuoropuheluun, sekä uuden oppimiseen ja luomiseen. Ongelmaksi ja uhaksi ne muodostuvat, jos monikulttuurisuuden aiheuttamia ristiriitoja ja/tai sopeutusvaikeuksia ei nähdä ajoissa eikä niiden ratkaisemiseen pyritä tutkimuksen, opetuksen ja koulutuksen keinoin. Toimiva monikulttuurisuus yhdistettynä hyvinvointivaltioon on kilpailuvaltti, kun osaavaa työvoimaa tarvitaan



lisää väestön vanhetessa. Sen sijaan konfliktit eri etnisten ja kulttuuriryhmien välillä yhdistettynä kulttuurienvälisiä ja etnisiä jakoja noudattavaan eriarvoisuuden heikentävät sekä kilpailuetua että koko väestön hyvinvointia.

Monikulttuurisuus koskee koko yhteiskuntaa – niin suomalaista valtaväestöä kuin suomalaisten joko Suomessa tai muualla kohtaamia toisten kulttuurien edustajia. Monikulttuurisuudessa on kysymys yhtäältä erilaisuudesta (diversity), joka ulottuu arvoista ja asenteista vuorovaikutustapoihin, ja toisaalta tasa-arvosta (equality), jossa erilaisuus ei saisi merkitä eriarvoisuutta. Monikulttuurisen yhteiskunnan haasteena on yhdistää kaikille yhteisiä arvoja sekä kullekin kulttuurille erityisiä arvoja. Samoin tavoitteena on kaikkien yhteiskunnan jäsenten tasavertaisuus.

Monikulttuurisuus lisää myös kielirajojen ylittämistä. Paikallisuus ja äidinkieli saavat uusia merkityksiä suhteessa globaaliin ympäristöön. Kielet ja kulttuuriset käytännöt muodostavat uudenlaisia yhdistelmiä. Kieliteknologian kehittämisen tarve kasvaa entisestään.

Yhteiskunnan monikulttuuristuminen tuo haasteita monikulttuuriseen osaamiseen. Se mahdollistaa sujuvan yhteiselon ja tehokkaan toiminnan monikulttuurisessa yhteiskunnassa ja kansainvälisessä yritysmaailmassa sekä Suomessa että muualla.

Viestinnän ja vuorovaikutuksen muuttuminen

Viestintäteknologian kehitys tuo erilaisia muutoksia viestinnän tuotantoon, jakeluun ja vastaanottoon, mutta myös ihmisten psykologiseen, yhteisölliseen ja yhteiskunnalliseen todellisuuteen. Muutokset ovat kahdensuuntaisia: Teknologia vaikuttaa ihmisten väliseen vuorovaikutukseen, ja muuttuneet vuorovaikutuskäytännöt asettavat teknologian kehittämiselle uudenlaisia vaatimuksia. Koska teknologiset uudistukset

vaikuttavat joskus nopeastikin ihmisten jokapäiväisiin vuorovaikutusmalleihin, muutosten aiheuttamat uudet tarpeet ovat erilaisia kuin muutosta edeltäneet.

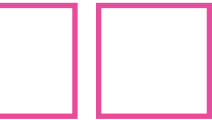
Syntyvä tieto on vaikeasti ennustettavaa. Muuttuva vuorovaikutus edellyttää teknologialta muuttuvia vastauksia. Muuttuvista vuorovaikutuskäytännöistä tulee vähitellen kulttuurinen ilmiö. Viestintä ja vuorovaikutus voivat olla ihmisten välistä, koneiden välistä tai ihmisten ja koneiden välistä (tai näiden kombinaatioita, yhdistelmiä).

Informaatioympäristö muuttuu: uutta tietoa tarjotaan yhä laajemmin, aggressiivisemmin ja emotionaalisemmin. Piiloviestintä, mielikuvaviestintä, tunteiden hyödyntäminen (esimerkiksi pelko, yhteisyyden tarve, seksuaalisuus, häpeä) lisääntyvät mediassa.

Tekninen kehitys tarjoaa muun muassa osallistumisen ja turvallisuuden mahdollisuuksia, mutta yhtä hyvin valvonnan ja yksityisyyden loukkaamisen uhkan. Syntyy uudenlaisia yksilöllisen, yhteisöllisyyden ja sosiaalisen toiminnan muotoja ja uusia identiteettikonstruktiota. Muutokset ovat suuria myös hallinnon, poliittisten instituutioiden, median ja yritysten kannalta.

Verkkoviestinnän kehitys on tuonut suuren muroksen vanhoihin viestinnän tutkimusalueiden rajauksiin (keskinäis-, ryhmä- ja joukkoviestintä) verkon yhdistyessä perinteisiin keskinäisviestinnän välineisiin, kuten kännykkään. Samalla tavalla viestinnän kytkennät vuorovaikutuksen erilaisiin ryhmiin (esimerkiksi perhe, lähiyhteisö, yhteiskunta ja globaalit yhteisöt) ja viestinnän tehtävät vuorovaikutuksessa muuttuvat.

Verkkoviestinnän myötä yksityinen tulee julkiseksi, ja verkkoviestinnän avulla saavutetaan mahdollisesti (esimerkiksi blogien kautta) suuriakin yleisöitä. Tämä kehitys vaikuttaa myös yksityisen alueen käyttäytymiseen (koti, perhe, ystävät), joka muuttuneen lähemmäs julkisia ja puolijulkisia ympäristöjä (koulu, työpaikka, harrastuspiirit).



Yksityisen ja perinteisen joukkoviestinnän rajaviivan madaltumisen seurauksena ihmisten käymä mielihiteiden vaihto yhteisöllisesti merkittävistä kokemuksista ja tapahtumista on aktivoitunut. Viranomaisilla ja joukkoviestimillä (julkinen viestintä) ei ole enää samanlaista monopolia uutistapahtumien kertomiseen kuin aiemmin. Julkinen viestintä joutuu arvioimaan toimintatapojaan uudelleen. Keskinäisviestinnän ja joukkoviestinnän rajaviivan ylittyminen muodostaa tärkeän tutkimuksen ja innovaatioiden alueen.

Osallistava ja avoin tiedonmuodostus toteutuu sekä keskustelun (kuten blogit, keskusteluaiheet) että tiedonmuodostuksen (esimerkiksi wikipedia) alueilla. Perinteisissä medioissa (radio, televisio, painoviestintä) on havaittu osallistavan ja yhteisölliseen toimintakykyyn nojaavan ja sitä rohkaisevan aineiston merkitys.

Perinteisesti kansalaisuus ja osallistuminen ovat rajautuneet vaikuttamiseen edustuksellisen demokration muotojen (äänestäminen) tai kulutusvalintojen (ostokäyttäytyminen) kautta. Hallinnon, politiikan, median ja talouden kehitys on kyseenalaistanut tämän toiminta- ja ajattelutavan. Hallinnon alalla pyritään aktiivisen, vaativan kansalaisuuden rohkaisemiseen. Poliitikassa edustuksellista vaikuttamista täydennetään osallistuvan, suunnitteluun vaikuttavan ja keskusteleavan demokratian muodoilla.

Mediassa on huomattu muun muassa verkkoviestinnän kehityksen myötä keskustelun suuri vetovoima. Suora kansalaisviestintä sisältää paljon mahdollisuuksia (esimerkiksi sensuurin esto), mutta myös kansalaismielipiteen manipuloimisen vaaroja.

Yhteisöjen viestintäkulttuuri ja yhteisöllinen viestintä muuttuvat. Yksilöä pidetään yhä enemmän oman yhteisönsä asiantuntijana. Yhteisöt pyrkivät saattamaan resurssinsa mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön hyödyntämällä yhteisön jäsenten tietoa ja kokemusta. Kaikkien mukanaolo tutkimus- ja kehittä-

mistyössä nähdään olennaisena resurssina. Tämä koskee myös elinkeinoelämää: esimerkiksi kuluttajat ovat lisääntyvästi vuorovaikutuksessa toistensa ja yritysten kanssa. He ovat mukana tuotekehitysprosessissa luomassa parannuksia ja uusia innovaatioita.

Globalisaatio lisää entisestään vuorovaikutusta erilaisten kulttuurien välillä sekä erilaisten ihmisten ja viestintäkäytäntöjen kohtaamista. Työelämän ja sosiaalisen elämän kaikilla tasoilla tarvitaan ymmärtämistä, sopeutumista, kulttuurienvälisiä osaamista ja kulttuurienvälisen viestinnän taitoja.

Ihminen ja kone

Ihminen elää jo nyt koneiden keskellä, ja monimutkainen riippuvuus erilaisista teknisistä laitteista kasvaa edelleen. Myös yhteiskunnat tulevat koko ajan lisääntyvästi erilaisista koneista ja teknologiasta riippuvaisiksi. Tällä jatkuvalla muutostrendillä on monia vaikutuksia; tässä yhteydessä tarkastellaan muutosta lähinnä inhimillisen vuorovaikutuksen ja ymmärtämisen kannalta.

Koneiden ja viestintäteknologian avulla ihmisen mahdollisuudet saada tietoa ovat huikeasti lisääntyneet, ja siten mahdollisuudet oppia ja ymmärtää ovat kasvaneet. Samalla vähintään yhtä paljon ovat lisääntyneet väärinymmärtämisen riskit. Vuorovaikutuksen ja viestinnän siirtyminen enenevässä määrin erilaisten koneiden välittämiksi, usein pitkiksikin välillisiksi ketjuiksi, synnyttää kasvavassa määrin väärinymmärtämistä myös aivan uusilla tavoilla. Virhetulkintojen hallinnan kehittäminen nousee ajankohtaiseksi. Kasvavan haasteen tuo myös tilanne, jossa ymmärtämistä ei synny ollenkaan.

Teknisten laitteiden määrä tekee yksilöistä ja yhteiskunnista monimutkaisuudessaan yhä haavoittuvampia. Vaikka laitteet monella tavalla parantavat kaikilla tasoilla ihmisten turvallisuutta, haavoittuvuus synnyttää sekä ihmismielessä koettua, sisäistä turvatto-



muutta että yleisellä tasolla ulkoista turvattomuutta. Turvattomuuden tunne luo pohjaa arvaamattomalle väkivaltaisuukselle ja esimerkiksi syrjäytymiselle tai köyhyydelle, jotka yhdistyessään voivat synnyttää hallitsemattomia reaktioita.

Ihminen viettää yhä enemmän aikaa vuorovaikutuksessa koneiden kanssa. Tämä vaikuttaa ihmiseen ja muuttaa häntä. Aiemmin esimerkiksi oppiminen tapahtui ihmissuhteiden välityksellä – lapsi oppi vanhemmiltaan, nuori opettajiltaan, kisälli mestarilta ja kilpailija valmentajaltaan – ja samalla ihminen oppi ihmisiksi. Monimuotoisen samastumisen kautta opittiin paljon ihmisyydestä ja inhimillisestä vuorovaikutuksesta.

Keskeisimpiä sisäistyneitä, elintärkeitä taitoja ovat olleet empatia ja vastuullisuus. Nyt kaikenikäiset ihmiset oppivat paljon koneiden välityksellä ja samalla sopeutuvat ”konemaisiksi”. Tämä vähentää ennen muuta kokemuksellista oppimista ihmisen korkeimpien henkisten ominaisuuksien osalta – näitä ovat ymmärtäminen ja luovuus, jotka koneilta puuttuvat, sekä vuorovaikutustaidot. Tämän uhan huomiointi on inhimillisen ja yhteiskunnallisen kehityksen kannalta oleellista. Entistä enemmän tulee kiinnittää huomiota empatian kehittämiseen erityisesti lapsuuden ja nuoruuden aikana sekä myös vastuulliseen kansalaisyhteiskuntaan.

Oman suuren haasteensa tuo itse kehitys. Teknologian kehittyminen yhä pidemmälle ja yhä monimutkaisemmaksi alkaa olla hallitsematonta. Uhkia ehkä nähdään yhä selvemmin ja yleisemmin, mutta keinot vaikuttaa kehityksen suuntaan tai nopeuteen ovat vähissä.

Ihmisen henkiset voimavarat

Globaali kehitys jatkuu nopeana myös Suomessa, ja monien tekijöiden samanaikainen ja osin mullistava muutos rasittaa ihmisen sopeutumiskykyä. Erityisesti ihmisen henkiset voimavarat ja psyykinen kapasiteetti

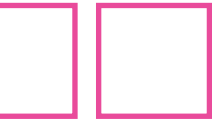
teetti joutuvat edelleen lisääntyvän kuormituksen ja vaativien haasteiden kohteeksi.

Mielen hyvinvointiin ja mielenterveyden tukemiseen sekä henkisten voimavarojen vahvistamiseen tulee panostaa kasvavan syrjäytymisen ja vieraantumisen välttämiseksi. Jatkuvan muutoksen keskellä on tärkeää tiedostaa ja huomioida ihmisen pysyvyyden tarpeet ja huolehtia emotionaalisesti arvokkaiden ihmissuhteiden ja asioiden säilyvyydestä, joiltakin osin jopa muuttumattomuudesta. Muistamisesta ja historiasta tulee uudella tavalla tarpeellisia pysyvyyden, jatkuvuuden ja muutoksen paremman ymmärtämisen vuoksi.

Tiedon ja informaation määrä kasvaa edelleen eksponentiaalisesti, ja yksilön altistuminen tietotulvalle pahenee. Tietoverkkojen ja tiedonsiirron kehittymisen, tiedon varastoinnin ja käsittelyn lisääntyminen sekä tietosisältöjen tuottamisen kirjavuus uhkaavat ihmisen kykyä käsitellä, hallita ja ymmärtää tietoa niin kasvu-, työ-, koti- kuin oppimis- ja harrastusympäristöissään. Tiedon laatu myös edelleen muuttuu; tiedosta tulee sirpaloitunutta, irrallista, erikoistunutta ja eriytynyttä. Tiedon luotettavuus vaihtelee suuresti.

Yksilön omien merkitysten ja käsitysten hajanaisuus ja puuttuminen uhkaavat hänen kykyään ymmärtää asiayhteyksiä ja -kokonaisuuksia. Ymmärtämisen ja oivaltavan oppimisen tukemiseen sekä yksilöllisten ja yhteisöllisten merkitysyhteyksien luomiseen tulee tietoisesti panostaa. Merkitysten syntyminen tapahtuu yksilötasolla tunteita jakavissa ihmissuhteissa ja emotionaalisesti tärkeiden kokemusten kautta. Yhteisötasolla yhteiset arvot ja kulttuuri muokkaavat merkitysten syntyä.

Tietoyhteiskunnassa ratkaisevaksi kysymykseksi nousee se, miten tunteita, tunteiden perusteella ymmärtävä ja tunteiden yhteen soinnuttamisen avulla toisten kanssa kommunikoiva ihminen löytää tiedon ja tunteen tasapainon.



Vuorovaikutuksen määrä kasvaa edelleen. Tulevaisuudessa oppimisen-, työn- ja elämänhallinta edellyttävät yhä enemmän tiimityötä, yhteistyötä ja sosiaalisia verkostoja. Kontaktien ja inhimillisen vuorovaikutuksen jatkuva lisääntyminen tapahtuu kaikilla tasoilla. Ihmis- ja vuorovaikutussuhteiden määrän kasvu johtaa vuorovaikutuksen pinnallistumiseen ja pätkittymiseen. Vuorovaikutuksesta ja ihmissuhteista voi tulla henkinen ja ajallinen rasite. Toisaalta ihmisen henkiset voimavarat syntyvät ja latautuvat juuri läheisten, tyydytystä tuottavien ja inhimillistä kypsymistä tukevien ihmissuhteiden kautta. Erityisesti turvaa tuovat pitkät kiintymyssuhteet tulevat edelleen olemaan merkittäviä yksilön elämänhallinnan, elämän laadun ja hyvän elämän varmistajina.

Elinympäristön jatkuva teknistyminen ja teknologinen kehitys yhtäältä helpottavat ihmisen elämää, toisaalta enenevästi rasittavat ihmisen henkisiä voimavaroja. Tarve hoivaa antavaan, vastavuoroiseen inhimilliseen vuorovaikutukseen kasvaa koneiden keskellä elävillä kaikenikäisillä ihmisillä, mutta erityisesti lasten ja nuorten tarve emotionaalisesti merkittäviin läheisiin ihmissuhteisiin on kehityksen avainasioita myös tulevaisuudessa. Toisistaan välittämään ja jälkeläisistään huolehtimaan kykenevät, vastuulliset ihmiset ovat varmin tae yksilöiden ja yhteiskunnan menestykselle.

Empatian kehittymisen tukeminen ja empaattisuuden jatkuva voimistaminen käy yhä tarpeellisemmaksi teknistyvässä elinympäristössä. Kaikenikäisten ihmisten tärkeimpiä elämäntaitoja on tulevaisuudessakin ”tietää, miltä toisesta tuntuu”. Pelkkä tietäminen ei kuitenkaan vielä riitä; empatia edellyttää myös tunteiden ymmärtämistä eli sitä, että ihminen osaa ja haluaa myös toimia tunteiden pohjalta empaattisesti toista ihmistä kohtaan.

Toinen ratkaiseva tekijä niin Suomen kuin muidenkin maiden tulevaisuudelle piilee yksilöiden luovuudessa. Luovuuden vahvistaminen ja tukeminen erityi-

sesti kasvuvuosien aikana on tärkeää. Leikki, mielikuvitus sekä kaikki luova tekeminen ja toiminta kehittävät ja tukevat ihmisen luovaa kapasiteettia. Passivoivan viihteen sijaan mahdollisuudet aktiiviseen, omaaloitteiseen ja vastavuoroiseen luovaan toimintaan kasvattaa luovia yksilöitä.

Jatkuvan kehityksen ja rajattoman kasvun tavoittele synnyttää stressiä, ahdistusta ja uupumusta. Kilpailun liiallinen ja yksipuolinen korostuminen kuluttaa ihmistä. Rajojen tunnistaminen ja tunnustaminen helpottaa ja vapauttaa uusia voimavaroja. Rajojen yhteisöllinen tai yhteiskunnallinen asettaminen esimerkiksi arvojen tai lakien muodossa tukee ihmisen sopeutumiskykyä ja luo sisäistä ja ulkoista turvallisuutta.

Osaamisalueet

Inhimillinen vuorovaikutus, ymmärtäminen ja dialogi

Inhimillinen vuorovaikutus (interaktio) on sekä itseyden että toiseuden kohtaamista. Se on olennaisesti viestintää: kielellistä ja ei-kielellistä. Vuorovaikutuksessa syntyy sekä yhteisiä että osapuolten omia, erillisiä kokemuksia. Jaetuista kokemuksista puolestaan syntyy yhteisiä merkityksiä. Inhimillisessä vuorovaikutuksessa voidaan erottaa

1. konkreettisen tekemisen ja tapahtumien taso (mitä ulkopuoliset voivat havainnoida),
2. jaettu yhteinen tunnetila (minkä osapuolet voivat yhteisesti tunnistaa) ja
3. osapuolten erillinen psykologinen taso (minkä kukin yksilö voi kokea).

Kaikki nämä yhdessä rakentavat inhimillistä vuorovaikutusta.

Vuorovaikutus on ihmisen fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen olemassaolon perusmuoto ja siten keskeistä myös biologisesti yksilön sisäisesti. Jokainen



elävä solu avoimena systeeminä on koko ajan vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa, ennen muuta muiden solujen kanssa. Soluista rakentuu elimiä, jotka ovat puolestaan vuorovaikutuksessa toisten elinten, mutta samalla myös koko ihmisen kanssa. Vuorovaikutuksen vastavuoroisuus ja muut biologiset lainalaisuudet sekä vuorovaikutuksen monimutkaistuminen jatkuvat elimistömme eri tasoilla. Olemassaolon perustodellisuutena vuorovaikutuksen oleellimmat ominaisuudet heijastuvat myös ihmisen käyttäytymiseen eli esimerkiksi sosiaaliseen vuorovaikutukseen ihmisten välillä.

Viestintää voi tarkastella monista näkökulmista tai teoreettisista jäsennyksistä. Esimerkiksi teknisissä tieteissä on tapana lähestyä viestintää ennen kaikkea siirron (transmission) näkökulmasta. Viestintä voi olla esimerkiksi koneiden välistä tai ihmisen ja koneen välistä, jolloin kysymyksessä on tiedonsiirto. Ihmistä ja kulttuuria tutkivissa tieteissä näkökulma on viestinnän sisältämissä merkityksissä ja niiden luomassa yhteisyydessä (sharing). Ihmisten välinen viestintä on sosiaalista vuorovaikutusta, johon vaikuttavat muun muassa ihminen itse, hänen tunteensa, viestintäkonteksti ja kulttuuri (kuten historia, ekologia ja sosioekonomis-poliittiset olosuhteet).

Dialogilla eli aktiivisella vastavuoroisella keskustelulla pyritään vuorovaikutuksessa rakentamaan vasta-vooroista ja yhteistä ymmärrystä. Dialogiin kuuluu kuunteleminen, kunnioittaminen, vastuu ja välittäminen. Olennaista on avoimuus ja suuntautuminen toiseen. Dialogi on mahdollisuus uutta luovaan toimintaan. Koska ihmismieli (psykce) syntyy pitkälti varhaisen inhimillisen vuorovaikutuksen kautta, se on perusrakenteeltaan dialektinen. Ihminen käy omia sisäisiä keskustelujaan, joiden pohjalta hän rakentaa ja muokkaa omaa ymmärrystään.

Yhteiskunnan moniarvoisuus, moniäänisyys ja uudenlainen monimutkaisuus edellyttävät yhtäältä moni-

en äänien kuulemista, mutta toisaalta myös itsenäisiä valintoja ja ratkaisuja. Monitahoisen erilaisuuden kohtaaminen jokapäiväisenkin elämän tilanteissa lisääntyy jatkuvasti. Dialogi on tehokas keino hahmottaa monimutkaista todellisuutta ja lisätä ymmärrystä: omasta itsestä, toisesta, elämästä ja maailmasta.

Lapset ja nuoret kasvavat ja oppivat ymmärtämään ihmistä ja elämää ennen kaikkea ihmissuhteiden ja inhimillisen vuorovaikutuksen kautta. Kasvun tukeminen, kasvatusta ja oppiminen perustuvatkin parhaimmillaan aikuisen ja lapsen välisen dialogin olemassaoloon. Tältä pohjalta yksilö oppii ymmärtämään ja kehittämään jatkuvasti ymmärryskykyään.

Monimutkaisessa todellisuudessa haasteena on säilyttää ymmärtämisen ja mielekkään tekemisen kyky silloinkin, kun kohdataan erilaisia, kaottilta tuntuja – jopa näennäisesti paradoksaaleja ja vastakkaisia – asioita. Holistinen ja dialektinen lähestymistapa ovat länsimaisen kulttuurissa jääneet jossain määrin vähemmälle huomiolle kuin analyyttinen ”joko–tai”-ajattelu tai myös perinteinen suomalainen konsensus-ajattelu. Dialogi merkitsee ”sekä–että”-ajattelua ja vuorovaikutuksen kannalta useiden erilaisten näkökulmien samanaikaisen läsnäolon sallimista ja huomioon ottamista.

Dialogia ja dialogista osaamista tarvitaan esimerkiksi työelämän tilanteissa. Dialogi ja tehokas vuorovaikutus mahdollistavat inhimillisen ja sosiaalisen pääoman kehittymisen organisaation vahvuudeksi ja takaavat sen uudistumiskyvyn. Dialogi on välttämätöntä tehokkaassa johtamisessa ja sellaisen ilmapiirin luomisessa, jossa tapahtuu molemminpuolista oppimista ja tietojen jakamista. Kansainvälisessä kanssakäymisessä ja yhä monikulttuurisemmassa yhteiskunnassa dialogia ja dialogista osaamista tarvitaan sekä arkipäivän vuorovaikutustilanteissa että kulttuurienvälisissä vakavissa konfliktitilanteissa.

Median vaikutus ja dialoginen osaaminen ovat myös merkittäviä tekijöitä vuorovaikutuksessa ja keskinäisessä ymmärtämisessä. Jo varhaisista tutkimuksista lähtien on voitu olettaa, että viestintä ei sinällään lisää keskinäistä yhteisymmärrystä (ehkä jopa päinvastoin). Kyse on siitä, millaista viestintä on laadullisesti. Voidaan olettaa, että jos viestinnällinen vuorovaikutus on dialogista, vuoropuhelua synnyttävää, tasa-arvoista, toistuvaa ja luonnollisiin tilanteisiin liittyvää, sillä voi olla myönteinen vaikutus stereotyyppien purkamisessa. Tutkimusten perusteella tiedetään myös, että pelkkä hyvä tarkoitus voi kääntyä tavoitetaan vastaan, jos taustalla ei ole rehellisyyttä ja syvää ymmärrystä kohtaavien kulttuurien välisistä eroista.

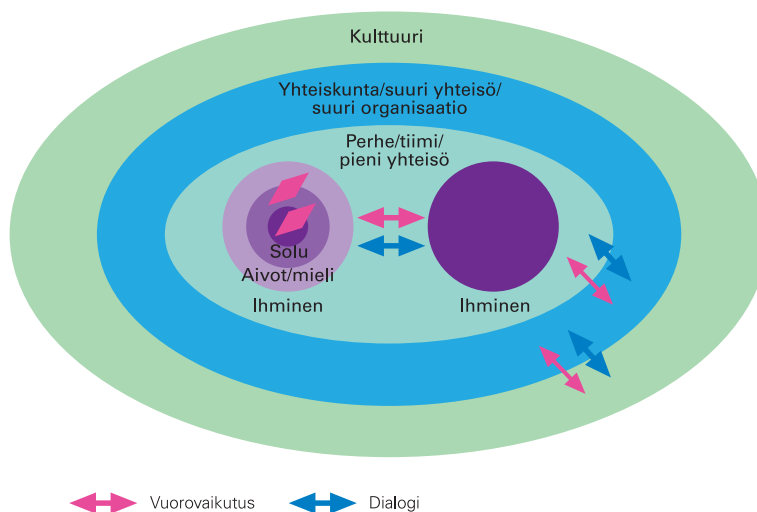
Suomessa on vahvaa ja monipuolista vuorovaikutustutkimusta eri tieteenalojen piirissä. Meillä on myös vuorovaikutukseen liittyvää teknologiaosaamista. Viestinnän perustutkimus, viestintäteknologia ja monimuotoinen soveltava kehitystoiminta antavat täällä mahdollisuuksia jopa dialektiselle ja holistiselle kehitystyölle. Uusia innovaatioita voisi syntyä maassa,

joka maantieteellisesti, historiallisesti ja kulttuurisesti on elänyt kahden suuren kulttuurintaman välissä. On aika hyödyntää poikkeuksellista mahdollisuutta hyödyntää – dialektisesti – kumpaakin yhteisöllistä viisauden lähdeä.

Kulttuurienvälisen kompetenssin, vuorovaikutustaitojen ja ymmärtämisen lisäämisen kehittämismahdollisuudet ovat tulevien vuosien halutuimpia innovaatioita molemminpuolisine sovellutuksineen.

Monikulttuurinen osaaminen

Monikulttuurinen osaaminen parantaa yhteiseloa ja -toimintaa yhteiskunnassa sekä kansainvälisessä yrity maailmassa, niin Suomessa kuin muuallakin. Tällainen osaaminen edistää tehokasta kulttuurien välistä toimintaa, dialogia, uuden oppimista ja luomista. Se käsittää tiedot, taidot ja asenteet, joita tarvitaan monikulttuurisuuden ja kansainvälisen toimintaympäristön hallintaan sekä kulttuurienväliseen viestintään ja vuorovaikutukseen.



Kuva 1. Vuorovaikutuksen ja dialogin tasot



Osaamisalueen toimijoina voidaan pitää niitä yliopistoissa työskenteleviä tutkijoita, yritysten ja julkisen hallinnon edustajia sekä ammattikoulutuksesta opisto- ja yliopistotasolla vastaavia, jotka yhdessä kehittävät yllä kuvattua osaamista. Kompetenssiin kuuluu asenne- ja arvokasvatukseen, kulttuurienväliseen sujuvaan viestintään ja vuorovaikutukseen sekä maahanmuuttajien onnistuneeseen integraatioon sovellettavien toimintamallien käyttö ja niiden tuloksellisuuden seuranta.

Suomen talouskasvu ja kilpailukyky tulevat pitkälti riippumaan maahanmuuttajien onnistuneesta integraatiosta samoin kuin suomalaisten tiedoista, taidoista ja asenteista sekä kotimaassa että ulkomailla toimittaessa. Osaamista ei voida edellyttää implisiittisesti, piilo-oletuksena, eivätkä asenteetkaan muutu itsestään. Osaamista voidaan tietoisesti kehittää ja asenteisiin vaikuttaa muun muassa tutkimuksen, opetuksen ja koulutuksen kautta.

Elinkeinoelämä ei voi sivuuttaa maahanmuuttajien integraatiota lähinnä kahdesta syystä:

1. maahanmuuttajat edustavat resurssija tietotaitoa, joita ilman työelämä ei tule selviytymään, ja
2. maahanmuuttajien osallisuus ja onnistunut integraatio ovat tärkeitä yhteiskunnallisen kahtiajaon ja konfliktien välttämiseksi.

Sekä yksityisellä että julkisella puolella tarvitaan kulttuurisensitiivisyyttä ja joihinkin yhteisiin arvoihin sitoutumista. Osallisuuden väyliä on rakennettava aktiivisesti syrjäytymisen ennalta ehkäisemiseksi. Julkisella sektorilla palveluiden rakennetta ja muotoa ja yksityisellä sektorilla maahanmuuttajien työllistymiskeinoja ja työyhteisöön sosiaalistumista on pakko parantaa integraation tehostamiseksi.

Sekä julkisella että yksityisellä sektorilla tarvitaan tietoa monikulttuurisen työyhteisön toimivuuden eh-

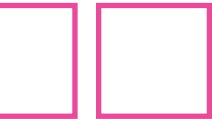
doista ja monikulttuurisesta osaamisesta. Maahanmuuttajia ja heidän lapsiaan tulee suomalaiseen työelämään, suomalaiset siirtyvät työskentelemään ja opiskelemaan ulkomaille lyhyemmiksi tai pidemmiksi ajoiksi. Miten työhön pääsyä helpotetaan ja ihmishuhteita työpaikalla vaalitaan?

Tarvitaan tietoa siitä, mikä tekee monikulttuurisesta ja monimuotoisesta työyhteisöstä – tai opiskelupaikasta – toimivan. Monikulttuurinen vuorovaikutus, monikulttuurinen johtaminen ja tiimityöskentely, moolminpuolinen tiedonjakaminen ja oppiminen edellyttävät kulttuurienvälisen viestinnän ja vuorovaikutuksen osaamista.

Valtiovalta kohdistaa tälläkin hetkellä paljon toimenpiteitä esimerkiksi maahanmuuttajien integroitumisen helpottamiseksi. Toimenpiteiden tuloksellisuutta ei kuitenkaan mitata tai seurata. Lisäksi tiedetään edelleen aika vähän siitä, millaisin odotuksin tai asentein maahanmuuttajat itse kohtaavat heihin kohdistuvia kotouttamistoimenpiteitä ja millä tavoin heitä itseään voisi paremmin rekrytoida kotouttamistyöhön.

Monikulttuurisuuteen, etenkin etnisyyteen, liittyy paljon ennakkoluuloja, jotka vaikeuttavat etnisiin vähemmistöihin kuuluvien integroitumista yhteiskuntaan. Oman ryhmän suosinnan eri ilmenemismuodot ulottuvat stereotyyppioista ja ennakkoluuloista syrjinnän kautta etniseen puhdistukseen ja kansanmurhaan. Etnisten ryhmien välisten suhteiden parantaminen vaatii asenne- ja arvokasvatusta puolin ja toisin, mutta siihen liittyvä tieto ja käytännön toimenpiteet on yhdistettävä.

Suomella on vielä hyvät mahdollisuudet sekä onnistuneeseen monikulttuurisuuteen kotimaassa että monikulttuurisen osaamisen hyödyntämiseen kansainvälisesti. Eri tahojen ja tieteenalojen yhteistyöllä voidaan eri tavoin edistää osallistuvaa ja avointa vuorovaikutusta ja siten edistää myös yhteiskunnan kaikkien jäsenten demokraattista toimintakykyä ja ympä-



ristön hallinnan tunnetta. Näin voidaan lisäksi vastustaa sellaista kehitystä, joka johtaa yhteisöjen kulttuuriin, etniseen, taloudelliseen tai uskonnolliseen eriytymiseen ja eristäytymiseen.

Monikulttuurisesta osaamisesta ei koidu vain sosiaalista hyötyä. Se on myös tuotantotekijä ja edistää suomalaisten menestyksellistä toimintaa kansainvälisesti. Kulttuuriosaamista tarvitaan jo esimerkiksi tuotekehittämissä (esimerkiksi erilaiset arvomaailmat, elämäntavat ja käyttö- ja kulutustottumukset). Monikulttuurinen osaaminen hyödyntää suomalaista elinkeinoelämää ja taloutta myös muun muassa eri tahojen yhteistyön tehostamisessa (kuten poikkitieteellinen, poikkisektorinen) tai muiden osaamisalueiden (esimerkiksi palveluiden) markkinoinnissa.

Yliopistotasosta etnisten ryhmien välisiin suhteisiin liittyvää erityisosaamista on Suomessa saatavilla, mutta se on heikosti edustettuna siellä, missä sitä tarvittaisiin. Myös maahanmuuttajien integroimiseen liittyvää erityisosaamista on Suomessa jo olemassa, mutta sitä ei hyödynnetä riittävästi. Tässä eri tieteenalat (yhteiskuntatieteet ja humanistiset tieteet) voisivat paremmin yhdistää voimansa. Sosiaalipsykologia on perinteisesti tutkinut ryhmien välisiä suhteita ja kulttuurienvälisen psykologia (cross-cultural psychology) ja antropologia kulttuurienvälisiä suhteita. Näillä tutkimussuuntauksilla on kuitenkin perinteisesti ollut melko vähän tekemistä toistensa kanssa.

Poikkitieteelliseen yhteistyöhön kuuluisi sekä tutkimusta että konkreettista asenne- ja arvokasvatusta ja sen tuloksellisuuden mittaamista. Yhteiskunta- ja käyttäytymistieteellisessä tutkimuksessa on laiminlyöty historiallisten ja kulttuuriin liittyvien tekijöiden vaikutus sekä ennakkoluulojen että varsinaisen kiihkoilun synnyssä.

Myös kielten, viestinnän ja kulttuurin tutkimuksella on annettavaa. Suomessa on kansainvälisesti katsottuna vahva vuorovaikutuksen tutkimuksen perinne yh-

teiskuntatieteissä ja kielen tutkimuksessa. Suomessa suhteellisen uusien viestinnän alueiden (puheviestintä, organisaatioviestintä ja PR, engl. Public Relations) sekä journalistiikan ja mediatutkimuksen ja uusimpana kulttuurienvälisen viestinnän tutkimus ovat meillä myös vahvoja alueita, samoin soveltava kielentutkimus.

Journalistiikassa tutkitaan lisääntyvästi median vaikuttavuutta etnisten kysymysten kannalta. Näiden alueiden keskinäinen yhteistyö hyödyntäisi kaikkia, erityisesti elinkeinoelämää. Sekä kulttuurienvälisen viestinnän että vuorovaikutuksen tutkimuksen ja sovellusten painopistealueita on kulttuurienvälisen kompetenssi. Myös tätä aluetta voidaan tutkia eri konteksteissa ja eri tasoilla: liike-elämän, valtaväestön, maahanmuuttajien, julkisen hallinnon viranomaisten, poliittisten toimijoiden ja opettajien kannalta.

Taloustieteen alalla monikulttuurisuuteen liittyvää tutkimusta on tehty muun muassa monikulttuurisen johtamisen, tiimityöskentelyn ja kulttuurienvälisen markkinoinnin alueella – Suomessa tosin vielä vähäisessä määrin. Tarvitaan poikkitieteellistä tutkimuksellista yhteistyötä taloustieteiden ja esimerkiksi viestinnän eri alueiden ja yhteiskuntatieteiden välillä. Globalisuus merkitsee myös lisääntyvää virtuaalista monikulttuurisuuden kohtaamista ja tähän liittyvän problematiikan tutkimusta.

Kieli ja viestintä

Vuorovaikutuksen tutkimus on uudessa tutkimuksessa kielellisen viestinnän tutkimuksen ydinaluetta. Kieli on luonteeltaan vuorovaikutuksellista: luonnolliset kielet muotoutuvat sosiaalisessa vuorovaikutuksessa ja niiden adekvaatin, täsmällisen kuvauksen keskeisiä haasteita on pyrkiä ymmärtämään kielellisen ja ei-kielellisen vuorovaikutuksen luonnetta.

Kieli on sosiaalisen luonteensa vuoksi kulttuuristen merkitysten ja tapojen kantaja ja avain kulttuurien



yhteisten ja erilaisten piirteiden ymmärtämiselle. Monikielitaito (plurilingualism) kuvaa uutta näkemystä siitä, millä tavoin kulttuurisesti ja kielellisesti taitava kansalainen hallitsee kielirepertuaareja, joita hyödynnetään moniaineksisissa viestintätilanteissa. Kielivähemmistöjen osallistuvuutta voidaan edistää monikielitaitoisuuden avulla. Kielitaito on tehokkaimmin opittavissa koulutusjärjestelmän osana, mutta sen tavoitteiden ja toteutuskäytäntöjen on sopeuduttava uusiin haasteisiin.

Kielen ja teknologian yhteensovittaminen, kielitekniikka, tarvitsee uutta kielen, kulttuurin ja vuorovaikutuksellisuuden ymmärtämistä voidakseen ratkaista sovelluksiin liittyviä ongelmia. Puheen lineaarinen mallintaminen on vasta alkamassa. Inhimillistä ymmärtämistä edistävä kielitekniikka tarvitsee syvällisempää näkemystä vuorovaikutuksesta ja monikielitaitoisuudesta.

Kielellinen ja kulttuurinen vuorovaikutuksellinen osaaminen ovat keskeisiä transkulttuurisessa maailmassa, jossa paikallisuus ja äidinkieli saavat uusia merkityksiä suhteessa globaaliin. Monikieliset ja monikulttuuriset käytännöt muotoutuvat normaalina osana ihmisten nykyistä arkea, ja niitä on pyrittävä tavoittamaan tutkimuksella.

Pysyvien ja vaihtuvien kielivähemmistöjen ja valtaväestön hyvät suhteet tarvitsevat vuorovaikutuksellista osaamista. Kielivähemmistöjen osallistuvuuden parantaminen yhteisön monikielitaitoisuuden avulla on tärkeää sosiaalisen hyvinvoinnin ja luovan produktiivisuuden kannalta; ihmisen oikeudella oman kielen käyttöön on suuri merkitys hyvinvoinnille.

Tarvitaan tutkimustietoa siitä, miten lingua franca, yhteinen kansainvälinen kieli, vaikuttaa ihmisten arkeen ja miten kielet ja kulttuuriset käytännöt hybridistyvät. Monikulttuurisessa ja monikielisessä työelämässä tarvitaan osallistuvaa kompetenssia (participative competence), jossa puutteellisellakin kielitaidolla

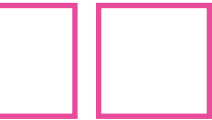
on pystyttävä osallistumaan esimerkiksi yhteisten projektien toteuttamiseen.

Monikulttuurisuuteen ja monikielisyyteen liittyvänä yhteiskunnallisena ongelmana ovat vuorovaikutuksen konfliktialttius ja väärinkäsitykset, jotka kasaantuvat joihinkin tilanteisiin ja ryhmiin. Vuorovaikutuskäytäntöjen ja kielellisen kulttuuritietoisuuden ymmärtäminen ei poista yhteiskunnallisia epäkohtia tai kaupan esteitä, mutta se voi vähentää yksilöiden välistä konfliktialttuutta ja helpottaa ristiriitatilanteiden ratkaisemista.

Kielen ja diskurssin tutkimus on tärkeää maahanmuuttajien integroitumisprosessin ymmärtämisessä, erityisesti asenne- ja arvokasvatuksessa. Kiihkoilua ei ole olemassa irrallaan diskurssista, vuorovaikutuksessa käytettävästä kielestä. Asenne- ja arvokasvatuksen toteuttamiseksi on pureuduttava myös ryhmien välisen kielenkäytön sisältöön. Ryhmien välistä vuorovaikutusta voidaan tarkastella sekä yksilö- että ryhmätasolla. Jälkimmäisellä tasolla tarkastelun kohteeksi voidaan ottaa muun muassa median, julkishallinnon, politiikan, elinkeinoelämän, opetustoimen, kirkon ja kansalaisjärjestöjen kielenkäyttö.

Alituinen kielirajojen ylittäminen on iso haaste teknologian kehittämiseksi. Kielirajojen ylittäminen on jo paljolti toteutunut yhteiskunnan eri tasoilla, kansainvälisenä vuorovaikutuksena ja kielivähemmistöjen ja maahanmuuttajien kohtaamisena. Ihmisten arkisia tarpeita ovat kielenoppimistekniikka ja käännös- ja tulkkaustekniikka sekä tekniset viestinnän apuvälineet. Verkko-osaamisen haaste on kaikilla monikulttuurisessa yhteiskunnassa työelämässä toimijoilla.

Tulkkauksen, käännöksen ja informaatioteknologian alat ovat nopeassa kehitysvaiheessa; tulkkauksen tutkimus on näistä uusina ja vähiten tunnettu. Niin sanotun asioimistulkkauksen tärkeys ristiriitojen ja ongelmatilanteiden ratkaisemisessa on vasta käymässä ilmi; uusien, pienten ja vaihtuvien kieliryhmien tulkkaustarpeet kasvavat nopeasti.



Kieleen ja viestintään liittyy myös teknologiaväliteisen viestinnän tutkimus, jolla on nopeasti laajeneva kysyntä ja joka on luonteeltaan soveltava. Tutkimuskysymyksiä ovat esimerkiksi teknologiaväliteinen vuorovaikutus, viestintä tietoperustaisissa, verkottuneissa organisaatioissa sekä viestintä monikulttuurisissa ja kansainvälisissä organisaatioissa.

Kielentutkimus on vanhastaan vahva ala, jossa elektronisten aineistojen käyttö on merkinnyt vallankumouksellista muutosta, mutta soveltaminen on vielä vähäistä. Seuraavien kymmenen vuoden aikana saamme uutta tietoa erityisesti puhutusta kielestä niin yksi- kuin monikielisisä yhteyksissä.

Puhutun kielen merkitys kasvaa sekä kasvokkai- sessa että teknologiavälitteisessä viestinnässä; koulutuksessa on panostettava sekä esiintymistaitojen että neuvottelu- ja argumentaatiotaitojen opettamiseen niin äidinkielisessä kuin vieraskielisessäkin viestinnässä. Vakuuttava ja helposti lähestyttävä suullinen ja kirjallinen viestintätaito tulevat useissa yhteyksissä tärkeämmiksi kuin moitteeton korrektius.

Kielitaitojen integrointi muiden aineiden sisältöjen hallintaan on tulevaisuudessa yhä tarpeellisempaa kaikilla koulutuksen tasoilla. Kieliammattilaisia tarvitaan soveltavilla aloilla lisää, mutta myös korkeakoulututkinnoissa kielen ja muiden alojen yhteisen ammattilaisuuden kysyntä kasvaa.

Teknologian kehitys on muuttanut viestintäkulttuuria keskustelelevämmäksi. Keskustelukulttuurin kehittäminen on koko yhteiskuntaa koskeva haaste, joka ulottuu myös politiikkaan, hallintoon, kansalaisjärjestöihin ja yrityksiin. Keskustelu – nivoutuneena päätöksenteon prosessiin ja sisällön kansalaislähtöiseen tuottamiseen – muodostanee jatkossa journalismin sisällöstä paljon aikaisempaa merkittävämmän osuuden. Ihmisiltä edellytetään runsasta ja monitahoista vuorovaikutusta.

Kansalaisten mahdollisuus saada ja tuottaa tietoa on riippuvainen vuorovaikutusta kehittävästä innovaati-

oista. Keskustelu vuorovaikutusprosessina on haaste kaikille viestinnän tutkimusaloille samoin kuin kielitieteelle ja yhteiskuntatieteille.

Kielen, viestinnän ja vuorovaikutuksen sekä kieliteknologian tutkimuksessa on Suomessa korkeatasoista osaamista. Sovellukset, etenkin teknologiset, ovat tutkimuksesta huolimatta yllättävän kaukana tavoitteistaan. Teknologiaosaaminen ja humanistinen kielentutkimus ovat vielä etäällä toisistaan. Informaatioteknologian ja humanistisen kielentutkimuksen yhteishankkeita on ollut vaikea toteuttaa niin Suomessa kuin muissakin maissa, mutta alan kehittämiseksi ne olisivat erinomainen valtti.

Soveltava kielentutkimus, erityisesti kielen oppimiseen ja opettamiseen liittyvä tutkimus, on Suomessa perinteisesti vahva alue, mutta radikaalin uudistumisen tarpeessa. Monikielitaito ja kielivähemmistöjen kasvava läsnäolo edellyttävät syvällistä kasvokkaisen vuorovaikutuksen ja teknologiaväliteisen vuorovaikutuksen tutkimusta. Vuorovaikutuksen ja viestinnän tutkimuksessa Suomi on vahva maa, samoin keskustelu- ja diskurssianalyysin tutkimuksessa, joita on harjoitettu pitkään. Kulttuurienvälisen viestinnän näkökulma kielen käyttöön on verrattain uusi, mutta media-analyttinen näkökulma on jo vakiintunut. Monitie- teinen vuorovaikutuksellinen näkökulma kielen, kulttuurin ja sosiaalisen toiminnan tutkimukseen on toteutettavissa saattamalla yhteen olemassa olevia osaamisalueita.

Elämänikäinen oppiminen ja ymmärtäminen

Suomen tuleva menestys kaikilla inhimillisen toiminnan alueilla pohjautuu yhä enemmän sekä yleisesti kansalaisten että erilaisten osaajien kykyyn ja haluun jatkuvaan oppimiseen, suurten tietomäärien hallintaan sekä oleellisen tiedon ja taidon omaksumiseen. Keskeisiksi avaintekijöiksi nousevat ihmisen oppimaan



oppiminen ja ymmärtämisen syntymisen ymmärtäminen. Yhä tärkeämmäksi tulee tietää, miten tukea lasten ja nuorten kasvua siten, että inhimillistä luovuutta optimoidaan myös muissa elämänvaiheissa. Mahdollisuudet lisätä luovuutta ja voimistaa luomiskykyä tulevat merkittäviksi.

Monitahoinen vuorovaikutustutkimus, aivotutkimus sekä kehityspsykologinen ja pikkulapsipsykiatrien tieto korostavat sekä ihmismielen korkeimman kognitiivisen prosessin (eli ymmärtämisen) edellyttämää tietoa, ajattelua ja tunteita, että toisaalta inhimillistä ja sosiaalista vuorovaikutusta.

Peruslähdekohta on, että yksilön kasvun ja lasten kasvatuksen tutkiminen ja painottaminen tehdään mahdollisimman hyvän oppimisen ja ymmärtämisen pohjalle. Monimuotoinen elinikäinen oppiminen ja fokuoitu ”kansalaiskasvatus” tulevat tarpeellisiksi. Vapaan sivistyksen itseisarvo korostuu edelleen ymmärtämisen pohjana. Ymmärtämisestä puhuttaessa erityisesti omaehtoinen oppiminen ja kokemustieto, yksilön omat ahaa-elämykset ja oivallukset sekä kulttuurin hiljaisen tiedon ja kollektiivisen ymmärtämisen merkitys korostuvat. Oppiminen on osa yksilön ja yhteiskunnan jokapäiväistä elämää, se on haluttujen ja tavoiteltujen asioiden omaksumista.

Osaamisalue koskee monia tieteenaloja ja tahoja. Tieteen ja tekniikan ymmärtämisen taito tulevat olemaan olennaisia niin yksilöiden kuin elinkeinoelämänkin näkökulmasta. Ihmisten on selviytyäkseen ja menestyäkseen pärjättävä yhä monimutkaisemman teknologian keskellä ja avustuksella. Samalla tekniikan käytön jatkuvasti parantuva hallinta synnyttää uusia innovaatioita ja tekniikan kehittämismahdollisuuksia. Ihmistieteiden, tekniikan ja yhteiskuntatieteiden laaja yhteistyö on tarpeen.

Tiedon vastaanottaminen ja levittäminen sekä kansalaisten mahdollisuus saada ja tuottaa informaatiota edellyttävät tekniikan hallinnan oppimisen lisäksi infor-

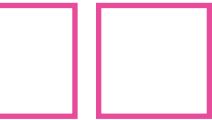
maationhallinnan oppimista. Ellei tähän kiinnitetä riittävästi huomiota, syntyy syrjäytymistä. Avointen ja osallistavien tiedonmuodostusprosessien avulla koko yhteiskunnan resurssit voidaan saada tehokkaaseen käyttöön keräämällä kaikkien yhteisön jäsenten tietoa ja kokemuksia. Yksilöstä tulee oman yhteisönsä asiantuntija.

Median ymmärtäminen jo mahdollisimman varhain yksilön kehityksen alkuvaiheissa eli lapsuudessa antaa mahdollisuudet informaationhallinnan oppimiseen sekä kasvavien elämän laatuvaatimusten saavuttamiseen. Mediatietoisuuden opetus tulee sisällyttää päiväkoteihin ja kouluihin (tai niitä vastaaviin tuleviin oppimis- ja kasvatusorganisaatioihin) omana tärkeänä pääaiheenaan. Opetus kehittää omalta osaltaan sekä pedagogisia keinoja ja kasvatusmenetelmiä että opetettavien kriittisyyttä ja mediatietoisuutta.

Vuorovaikutustaitojen omaksuminen on tarpeen jatkuvana elämänmittaisena ja pitkälti omaehtoisena prosessina, mutta myös kansalaiskasvatus ja vaikkapa teknologiaa hyödyntävä erityisopetus avaavat uusia mahdollisuuksia globaalin verkottumisen ja monitasoisen vuorovaikutuksen lisääntyessä.

Lapsuudessa vuorovaikutustaitojen oppiminen perustuu aina riittävään, kasvokkain tapahtuvaan inhimilliseen vuorovaikutukseen. Vanhemmuus ja lapsen läheiset ihmissuhteet luovatkin pohjan kaikelle myöhemmälle oppimiselle ja ymmärtämiselle. Vuorovaikutustaitojen ja empatiakyvyn opettaminen voivat synnyttää uusia menestyksellisiä innovaatioita.

Kulttuurienvälisen kompetenssien ja monikulttuurisuuden osaamisen tarve kasvaa. Monikulttuurisuuden lisääntyminen ja jatkuva eri kulttuurien vuorovaikutus synnyttävät puolestaan tarpeen kansalaisten asenne- ja arvokasvatukseen monikulttuurisuudessa. Kulttuurintutkimuksen lisäksi osaamisalue koskee yhteiskuntatieteitä ja humanistisia tieteitä, erityisesti filosofiaa,



ja se nivoutuu moniin eri tahoihin ja toimintoihin yhteiskunnassa.

Ihmisen jatkuva henkinen kypsyminen tulee nousemaan tärkeäksi elämänlaadun sekä yksilöiden ja yhteisöjen menestyksen avaintekijäksi. Ihmisen hyvinvointi ja elämänlaatu pohjautuvat puolestaan laatuun ihmissuhteissa ja kasvokkain tapahtuvassa inhimillisessä vuorovaikutuksessa läpi elämän.

Osaaminen Suomessa

Tietoyhteiskunnan tekniset kehitysharppaukset ovat johtaneet ihmisen kannalta mullistaviin uusiin innovaatioihin. Aivojen ja mielen toimintoja on voitu "ulkoistaa", esimerkiksi muistia on "siirretty" eläviltä aivosoluilta sirukorteille ja mielikuvitusta mielen assosiaatoradoilta tekniseen virtuaalitodellisuuteen. Olemme myös huomattavassa määrin "välineellistäneet" ja moninkertaistaneet inhimillistä ja sosiaalista vuorovaikutusta.

Informaatiota on tarjolla rajattomasti ja kaikille. Ihmismieli voidaan ymmärtää toisaalta aivosolujen ja toisaalta ihmisten välillä virtaavana informaationa ja energiana; näin teknisen kehityksen aiheuttamat muutokset vaikuttavat perustavalla ja kokonaisvaltaisella tavalla ihmiseen ja hänen toimintaansa. Yhteiskunnalle kasaantuu myös Suomessa seuraavien kymmenen vuoden aikana huomattava määrä haasteita (kuten uupumus, stressi, mielenterveyden kestävyys, syrjäytyminen, suvaitsemattomuus, terrorismi), jotka ovat voineet syntyä osin jo tehtyjen innovaatioidenkin sivutuotteina.

Toisaalta vallitseva tilanne on analoginen ihmisen aivojen ja mielen kehitykselle, mikä sinänsä liepee ymmärrettävää ja luonnollista – perustuuhan kaikki inhimillinen toiminta viime kädessä aivojemme ja mieleemme mahdollisuuksiin ja rajoituksiin. Kolmen ensimmäisen elinvuoden aikana tapahtuu ihmisaivojen ja -mielen kehityksessä mullistavia

muutoksia, joita kutsutaan kehitystasohyppäyksiksi. Tällaisissa vaiheissa mieli kypsyy aina korkeammalle toiminnan ja ymmärtämisen tasolle, mikä puolestaan laukaisee merkittävää uutta kehitystä.

Nykymaailmassa monen eri osaamisalueen nopea samanaikainen kehittyminen on synnyttänyt aivojen kehitystasohyppäyksen kaltaisen yhteisöllisen mahdollisuuden monilla tieteen ja tekniikan alueilla, mikäli eri alojen yhteistyö ja integraatio toimivat. Ihmisellä aivojen ja mielen kehitystasohyppäysvaiheet ovat herkkiä ja haavoittuvia, ja kehitys on yksilötasolla menestyksellistä vain, jos lapsella on ympärillään hallintaa ja säätelyä tarjoavaa vuorovaikutusta, ymmärtämistä ja oppimismahdollisuuksia. Oppimismahdollisuuksien ja ymmärryksen lisäämisen avulla erityisesti Suomessa yhteiskuntaakin voisi vastata myös yleisellä tasolla uusiin haasteisiin. Tällainen yhteisöllinen oppiminen avaa systemaattisesti korkeamman tason kehitysmahdollisuuksia. Mikäli oppimisen, kasvatuksen ja ymmärtämisen keinoin kyetään yhteiskunnallisia ja inhimillisiä haasteita hallitsemaan, niin tieteen ja tekniikan alueilla kuin elinkeinoelämälläkin on Suomessa huomattavia uusia innovaatiomahdollisuuksia.

Miksi ihminen ei opi?

Lapsuuden ja nuoruuden aikana rakentuu pohja halulle ja kyvylle oppia ja ymmärtää. Inhimillisellä vuorovaikutuksella ja ihmissuhteilla on tässä keskeinen merkitys. Lapset ja nuoret oppivat parhaiten sitä, mitä haluavat oppia, ja tämä motivaatio muodostuu emotionaalisesti merkittävien ihmissuhteiden, ennen muuta kiintymyssuhteiden kautta.

Kyky ymmärtää rakentuu monista tekijöistä, mutta lapsena saadut kokemukset ymmärretyksi tulemisesta sekä inhimillisestä vastavuoroisuudesta oman oikein ja väärin ymmärtämisen osalta ovat perustana ymmärtämisen kypsymiselle. Myös yh-



teisölliset ja kulttuuriset tavoitteet oppimisessa ja ymmärtämisessä vaikuttavat jatkuvasti siihen, miten ihminen oppii tai ei opi. Sekä ihmisen oppimiskyky että -kyvyttömyys hämmästyttävät, ja näiden tutkiminen tulee yhä tärkeämmäksi.

Ihminen ja media

Osaamisalue liittyy ihmisen ja median väliseen vuorovaikutukseen, median vaikuttavuuteen, mediaosaamiseen ja uusiin mahdollisuuksiin (esimerkiksi keskustelukulttuurin kehittäminen, teknologian hyväksikäyttö), mutta myös uusiin uhkiin, eettisiin ja arvoja koskeviin kysymyksiin.

Median vaikuttavuus yhteiskunnan muihin toimijoihin on kasvanut niin sanotun medialisaation myötä. Toistaiseksi meillä ei ole selkeää empiriseen tutkimukseen perustuvaa ja teoreettisesti perusteltua kokonaiskuvaa vaikutusmekanismeista.

Yhteiskunnan eri organisaatiot joutuvat toiminnassaan ottamaan huomioon niin sanotun medialogiikan vaatimukset aikaisempaa paremmin. Median myönteinen huomio edellyttää muun muassa tapahtumien (uutisten) luomista, valovoimaisten persoonallisuuksien nostamista esille sekä kykyä esittää oma sanoma tiiviissä ja kiinnostavassa muodossa. Organisaatiot joutuvat käyttämään merkittävästi voimavarojaan median kautta tapahtuvaan julkisuustyöhön ja mielikuvien muokkaamiseen. Tämä koskee myös politiikkaa ja hallintoa, joiden agendalle pääsevät helpommin laajaa mediahuomiota saaneet kysymykset.

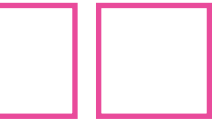
Median vaikuttavuus voi liittyä viestimien tietoihin poliittisiin ja kulttuurisiin tavoitteisiin, mutta laajemmin on kyse muun muassa yhteiskunnan muiden valtuutuiden valvonnasta sekä mahdollisuudesta nostaa asioita julkisuuteen, organisoida yhteiskunnallista keskustelua, vaikuttaa yhteiskunnan tietoperustaan sekä toimia ensimmäisenä uusien ilmiöiden käsitteellistäjänä ja merkityksellistäjänä.

Median roolia kamppailussa julkisuustilasta on verrattu esimerkiksi ”esittelijävaltaan”, ”katalyysaattoriin” tai yhteiskunnan toimijoiden käyttämään ”julkisuustilan ovimieheen”. Metaforien takana on kokemus vahvasta vaikutuksesta, joka kuitenkin on yhteiskunnan vallan, sosiaalisten käytänteiden ja kulttuurin verkostoissa vaikeasti havaittavissa. Yhteiskunnan toiminnan prosessien, esimerkiksi kansalaisten osallistumisen ja päätöksenteon muotojen, kehittäminen edellyttää tietoa siitä, kuinka vallankäyttö käytännössä toimii yhteiskunnan eri instituutioiden vuorovaikutuksessa. Tarveta median muuttuvan roolin ymmärtämiseen on suomalaisen yhteiskunnan organisaatioissa – myös mediassa itsessään.

Yksityisen viestinnän siirtyminen verkkoon luo uudenlaisen sosiaalisten tilanteiden ympäristön. Tällöin esimerkiksi paine henkilökohtaisen brändin rakentamiseen ja suojeluun kasvaa niillä elämänalueilla, jotka aikaisemmin olivat suojattuina markkinointiin kytkeytyvältä ajattelulta.

Viranomaisilla ja joukkoviestimillä ei ole enää samanlaista monopolia uutistapahtumien kertomiseen kuin aiemmin. Julkinen viestintä joutuu arvioimaan toimintatapojaan uudelleen. Ihmisten käymä mielipiteenvaihto yhteisöllisistä merkittävistä kokemuksista ja tapahtumista on aktivoitunut yksityisen viestinnän ja perinteisen joukkoviestinnän rajaviivan madaltumisen seurauksena.

Informaatioympäristö on entistä laajempi ja myös aggressiivisempi. Tuotteiden markkinointi on yltänyt itsenäisenä pidetyn median puolelle (esimerkiksi tuotesijoittelu). Televisiossa, verkkomediassa ja painetussa viestinnässä tuodaan erilaisen piiloviestinnän keinoin tuotemerkkejä ja niihin liittyviä mielikuvia kuluttajien tietoisuuteen. Media ja markkinointi voidaan kokea yleisön integriteettiä, arvoa ja koskemattomuutta loukaavaksi.



Medialle ja markkinoille asetetaan tulevaisuudessa entistä enemmän laatuvaatimuksia. Ne liittyvät vastaanottajan oikeuteen ja mahdollisuuteen välttää sellainen viestinnällinen lähestyminen, jonka hän kokee aggressiiviseksi ja loukkaavaksi. Samalla median käyttämät koetusti ja/tai tutkitusti haitalliset houkuttelun ja tunne-manipulaation tavat joutuvat kritiikin kohteiksi. Tämä voi merkitä sitä, että viestinnän ”pakkosyöttö” tulee entistä torjutummaksi ja sen valikoinnin mahdollisuus aikaisempaa tärkeämmäksi yksilöllisissä ja yhteisöllisissä valinnoissa. Kysymys erilaisista mediateollisuuden arvoista voi saavuttaa kuluttajien keskuudessa samalla tavalla jalansijaa kuin erilaiset ympäristöarvot. Tämä voi merkitä muun muassa journalismin riippumattomuuden sekä yhteisöllisesti hyödyllisistä pidettyjen sisältöjen arvostuksen kasvua. Sovellusten tasolla kehitys merkitsee tutkimuksen teknisten ja yhteisöllisten lähestymistapojen yhteistyötä.

Julkisuuslainsäädäntö ja yksityisyyden suojan lainsäädäntö sekä median ja markkinoinnin etiikka ovat samalla tavalla tärkeitä kuin teknisemmät tavat, jotka liittyvät vaikkapa media-aineiston valikointiin ja räätälöintiin. Media- ja markkinointiaineistojen sisältöjen ja arvojen observoinnin ympärille syntynyt pienimuotoinen akateeminen ja kansalaisjärjestöjen toiminta voi muuttua kaupallisesti merkittäväksi, kuten ympäristösektorilla on tapahtunut. Sovellusten ongelmana on, miten toteuttaa valikoitavuutta ja vastaanottajan ”suojelua” rikkomatta sananvapauden arvoja ja lisäämättä mediayleisöjen segregaatiota, eristymistä.

Osaaminen Suomessa

Viestintätieteiden tutkimusalueista ja tutkimusfokuksista erityisen relevantteja tulevaisuuden kannalta ovat muun muassa viestinnän monimedialisuus ja julkaisemisen muutokset sekä teknologiavälitteinen vuorovaikutus. Median vaikuttavuus mo-

nikulttuurisessa yhteiskunnassa, kuten etnisten kysymysten käsittelyssä, on myös tärkeä tutkimuskohde; tätä tutkimusta on Suomessa vähäisessä määrin journalistiikassa ja yhteiskuntatieteissäkin.

Osallistavan ja avoimen viestintätekniiikan osamista on jo pienimuotoisesti sovellettu projekteissa, joissa on yhdistetty uuden viestintätekniiikan tutkimus ja viestinnän sisältöjen asiantuntemus yhteisöissä tehtäviin kokeiluihin ja tutkimustoimintaan. Yliopistojen eri laitosten, viranomaisten, yritysten ja kansalaisjärjestöjen yhteistyöllä on mahdollista luoda sovelluksia, joilla on kansainvälistä kantavuutta.

Kyse on yhtäältä ihmisten demokraattisen toimintakyvyn ja ympäristön hallinnan tunteen luomisesta sekä toisaalta vastavoimasta kehitykselle, joka johtaa yhteisöjen kulttuuriseen, etniseen, taoudelliseen tai uskonnolliseen eriytymiseen ja eristäytymiseen.

Inhimillinen teknologia

Inhimillinen teknologia ja ihmiskeskeinen tai ihmislähtöinen tekniikka nousee tärkeäksi niin yleisenä arvona ja kestäväen kehityksen kulmakivenä kuin uutena voimistuvana kilpailutekijänäkin. Tekninen elinympäristömme on muuttumassa liian monimutkaiseksi, vaativaksi ja haavoittuvaksi. Tekniikka, joka selkeästi helpottaa ihmisen arkielämää, menestyy.

Tekniikan inhimillistäminen käsittää monenlaisia ja eritasoisia asioita. Toisaalta voidaan puhua teknisten tuotteiden ominaisuuksista ja käytettävyydestä, toisaalta teknologian kehittymiseen liittyvistä eettisistä näkökohdista.

Inhimillinen teknologia käsittelee myös niitä haittoja, vaikeuksia ja uhkia, joita teknologia on tuottanut ja tulee lisääntyvässä määrin ihmiselle tuottamaan. Monessa suhteessa ihminen on ajautunut alistaiseen



asemaan tekniikan suhteen. Teknisestä, keinotekoisesta, maailmasta on tullut ihmisten elämää ja kehitystä määräävä tekijä. Luonnon armoilla elävästä ihmisestä on tullut koneiden armoilla eläjä. Tässä yhteydessä on kiinnostava kysymys, miksi jo sata vuotta sitten esitetty toive luonnontieteen ja humanismin lähemmästä yhteydestä on edistynyt niin hitaasti.

Inhimillistä teknologiaa luodaan silloin, kun tekniset tuotteet ovat

- a. ihmiselle sopivia,
- b. ihmisen henkistä, fyysistä ja sosiaalista hyvinvointia sekä terveyttä edistäviä tai mahdollisimman vähän haittaavia ja
- c. ihmisarvoa edistäviä.

Ihmiskeskeisen tekniikan tunnusmerkinä voidaan pitää sitä, että se huomioi yksilöiden erilaisuudet. Tekniikan tulee edistää ihmisen aitoa hyvää. Inhimillisyyden lisääminen teknologiakehitykseen on samantapainen ilmiö kuin esimerkiksi muotoilun tuleminen tekniisiin tuotteisiin – nyt kyse on vain suuremmasta ja monitahoisemmasta haasteesta.

Tekniikkavetoisen yleisen kehityksen ja myös itse teknologian kehittämisen suhteen tarvitaan laajenevaa ja voimistuvaa arvokeskustelua. Nykyinen tekniikka antaa tällaiselle jopa globaalille arvokeskustelulle hyviä mahdollisuuksia. Arvokeskustelun uusilla foorumeilla ihmiset voivat pohtia kestävän kehityksen teemoja vapaasti ja yhdessä. Tämä on erittäin arvokasta.

Inhimillisen teknologian kehittämisessä on ratkaisevaa se, että tekniikan käyttäjät voivat vaikuttaa tuotteiden suunnitteluun. Ihmiset havaitsevat itse arjensa tarpeitaan elämää helpottavalle ja ihmismyönteiselle tekniikalle. Tärkeää onkin kehittää kanavia ja keinoja, joilla kansalaisten tekniikkatoiveita ja ideoita saadaan esille ja välittymään eteenpäin.

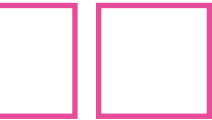
Esimerkkejä ideoista suomalaisen osaamisen kehittämisessä

Uusin tekniikka tulee pidemmälle ja paremmin integroida ihmisen palvelukseen. Arkielämässä ihmiset hyötyvät yhteensopivista, integroiduista systeemeistä. Esimerkiksi kotona puhelin, televisio, internet, auto, keittiö ja kylpyhuone voivat olla samassa systeemissä vaikkapa niin, että jääkaappi ilmoittaa autoon kotimatalla ruoka-aineen loppumisesta. Tai omalta tietokoneelta voi tarkistaa ennen matkalle lähtöä, onko autossa bensaa. Systeemien informaation integrointi on tulevaisuuden avainasia, mutta käyttöliittymät tulee kehittää toimiviksi ja yksinkertaisiksi.

Nykyisen jo olemassa olevan tekniikan kehittäminen paremmin tai monipuolisemmin ihmisten tarpeita vastaamaan tarjoaa paljon lisämahdollisuuksia. Esimerkiksi kännykkämallit, joissa on huomioitu vanhusten ja lasten erityisominaisuudet, ovat inhimillistä teknologiaa. Monikielisyyden lisääntyessä myös tulkkauspalvelujen kehittäminen kännyköihin tai sanakirjojen ja fraseologiaoppaiden kehittäminen helposti kännykän kautta käytettäviksi monipuolistavat tuotteita ihmisten arkitarpeisiin.

Monet hakuohjelmat, ei vain tietokoneissa, vaan esimerkiksi silmälasissa ja muistitikuissa, säästävät turhalta etsinnältä. Ikääntyvien ihmisten mahdollisuus sammuttaa ja sytyttää valot nousematta tuolista voi olla arkipäivän hyvää auttamista. Tekniikan inhimillistäminen on usein varsin pientä, arkista, ihmislähtöistä suunnittelua ja kehitystyötä.

Suomessa luontoon liittyvä teknologia voisi muodostua kasvavaksi ja menestyväksi inhimillisen teknologian alueeksi. Sovellutukset voivat liittyä luontoturismista ekologisesti kestäviin teknologioihin esimerkiksi metsää monipuolisesti hyödynnettyä. Mahdollisuudet erilaisiin luontokokemuksiin tulevat lisääntyvässä määrin olemaan elämänlaa-



tuun kuuluvia tekijöitä, ja tässä suhteessa Suomesa on runsaasti ”luonnonrikkautta”.

Viestinnän näkökulmasta teknologian kehitys tuo kahdensuuntaista muutosta: viestintäteknologia vaikuttaa inhimilliseen viestintäkäyttäytymiseen, ja muuttuvat vuorovaikutuskäytännöt asettavat tekniikan kehittämiseksi uudenlaisia vaatimuksia.

Viestintäteknologian kehitys muuttaa viestinnän tuotantoa, jakelua ja vastaanottoa, mutta myös ihmisten kokemusmaailmaa sekä yhteisöllisessä että yhteiskunnallisessa todellisuudessa. Viestinnän lainalaisuuksien on viimeaikaisissa tutkimuksissa todettu pätevän verkkoviestinnässä samalla tavalla kuin kasvokkain viestinnässä. Tekniikan välittämä viestintä on kuitenkin laadullisesti rajallisempaa kuin kasvokkain tapahtuva viestintä. Toisaalta verkkoviestintä mahdollistaa osallistumisen, aktiivisen kansalaisuuden ja vaikuttamisen yhä useammille: suoran kansalaisviestinnän, uudenlaisen keskustelukulttuurin – jopa julkisuuden sitä haluaville.

Inhimillisen teknologian kehittäminen edellyttää myös monipuolista haittojen ja uhkien analysoimista ja huomioon ottamista. Nyt hyvästä rengistä on osin tullut huono isäntä. Teknologian eettisiin ja osin myös juridisiin kysymyksiin liittyy esimerkiksi turvakameroiden ja vastaavan turvatekniikan käyttö (yksityisyys vs. turvallisuus) tai tekninen virtuaaliteknologia (hyödyllistä vai tarpeetonta). Virtuaalitekniikka nostaa esiin myös kysymyksen siitä, miten teknologinen kehitys voi joillekin tai toisin käytettynä olla hyödyllistä ja tarpeellista, mutta toisille tai arvaamattomilla tavoilla käytettynä haitaksi jopa joko ihmisille (esimerkiksi virtuaalitekniikan käytön merkitys lapsen kehityvälle todellisuudentajulle) tai kansakunnille (esimerkiksi virtuaaliset lento- ja harjoitukset terroristien työvälineinä).

Teknologiavetoinen kehitys on ajanut suomalaisen yhteiskunnan jatkuvasti kiihtyvään muutosprosessiin. Voimistuva kilpailupaine ja hallitsematon kehittämisen pakko ovat uhkaavasti synnyttämässä elämänmuotoa, joka jo sinällään on epäinhimillistä ja asettaa ihmisen sopeutumiskyvyn tiukoille. Inhimillisen teknologian kehittäminen edellyttää jatkuvuuden, pysyvyyden ja hitauden tarpeiden ymmärtämistä. Juuri näiden huomioon ottaminen tulee olemaan inhimillisen teknologian suuria peruskysymyksiä. Ratkaisumallien ja erilaisten vaihtoehtojen löytäminen tulee tarjoamaan Suomelle selviä kilpailuetuja.

Inhimillinen luovuus

Luovuus on ymmärtämisen ohella yksi tärkeimmistä ihmisen henkisistä ominaisuuksista ja voimavaroista. On oivaltavaa väittää, että ihmisyyden synty on ensimmäisen luolapiirroksen myötä; juuri mielen refleksiivisyys on ihmisyyttä. Luovuus on oleellista lukuisilla inhimillisen toiminnan alueilla niin tieteen, innovaatioiden kuin taiteenkin kentässä. Luovuus on sekä mahdollisuutta synnyttää jotakin ainutkertaista ja uutta että myös etsiä ja löytää uutta ymmärrystä. Luovan taiteen ja kulttuurin symbolimaailma lisää ihmisen kykyä ymmärtää kaikkea symboliikkaa, ennen muuta kieltä ja abstraktia ajattelua.

Jokainen ihminen tarvitsee luovuutta. Sitä on kaikissa ihmisissä. Luovuuden kypsyminen ja luovaa kapasiteettia voidaan niin voimistaa kuin tukahduttaa. Kaikki luova ja esittävä taide luovuuden yhtenä keskeisenä ilmenemismuotona tukee yksilöiden omaa luovuutta. Siksi taiteella onkin keskeinen rooli hyvän tulevaisuuden rakentumisessa. Luovuus on jotakin, minkä ihminen kokee myönteiseksi ja elämänlaatua parantavaksi tekijäksi. Luovuus vapauttaa, lisää henkisiä voimavaroja ja vähentää stressiä. Niinpä mahdolli-



suus ajatella ja toimia luovasti sekä nauttia eri tavoin luovuudesta on ihmisen hyvinvointia vahvistavaa.

Globaali kilpailu ja siinä menestyminen tulevat yhä selvemmin perustumaan luovuudelle niin yksilöiden, yhteisöjen kuin yhteiskuntienkin tasolla. Tulevaisuuden avaintekijäksi muodostuu kyky luovuuden edistämiseen, tukemiseen ja sen entistä parempaan hyödyntämiseen.

Suomella on poikkeuksellisia mahdollisuuksia kehittää sekä luovuutta että sen hyödyntämistä. Suomalaiset ovat kulttuuri- ja taidetapahtumien suurkuluttajia, ja täällä on kulttuuria poikkeuksellisen runsaasti kaikkien saatavilla. Suomessa on myös taidelaitoksia ja vaikkapa luovaa harrastustoimintaa väestömäärään suhteutettuna paljon. Toisaalta yleinen taide- ja taitoaineiden opetus ja luovuuden kasvatus ovat meillä peruskoulutuksessa uhkaavasti vähentyneet.

Musiikissa Suomi on yltänyt poikkeukselliseen maailmanmenestykseen, ja koko maan kattavalla musiikin peruskoulutuksella on tässä tärkeä roolinsa. Esimerkiksi kielen ja viestinnän alueilla voitaisiin ottaa mallia tällaisen kansainvälisen menestyksen rakentamisesta.

Suomessa on myös kokemuksia onnistuneesta luovan taiteen ja teknologian yhdistämisestä muiltakin kuin esimerkiksi muotoilun aloilta. Uuden teknologian tarjoamia mahdollisuuksia luovan toiminnan ja taiteen välineinä ja välittäjinä on vasta alettu laajemmin tiedostaa. Tieteellisen luovuuden hyödyntäminen kaupalliseksi innovaatioksi on myös osin vasta alkamassa, mutta pienessä maassa yhteistyön löytäminen eri toimijoiden välille on helpompaa kuin monessa muussa maassa.

Luovuuden merkitys yksilöiden itseilmaisun, itsemääräyksen ja ongelmanratkaisukeinojen lisäämisessä näkyy selkeimmin erilaisten taideterapioiden muodossa. Sama koskee kaikkea vaikeuksien ja konfliktien ratkaisua. Esimerkiksi johtamisessa luovilla

menetelmillä ja työtavoilla voidaan saavuttaa menestystä, joka muilla keinoin onnistuu selvästi hankalammin.

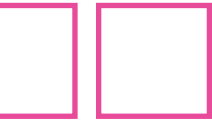
Luovuus vahvana inhimillisenä motivaatiolähteenä, yhteisöjen eheyttäjänä ja yritysten menestystekijänä voitaisiinkin ottaa paljon systemaattisemmin huomioon. Tällöin tärkeää on tiedostaa, että tehokkuus ja luovuus ovat jossain määrin toisiaan poissulkevia. Luovuus estyy herkästi kiireen ja pakkotahtisen tekemisen paineessa. Luovuus edellyttää ”vapaana virtaavaa aikaa” ja ”vapaata henkistä tilaa”. Toisaalta luova työ edellyttää myös kykyä kurinalaiseen, tavoitteelliseen toimintaan. On myös selvää, että jos rutiinomaiset työtehtävät voidaan suorittaa tehokkaasti ja nopeasti, aikaa luovaan toimintaan jää enemmän.

Taide on myös poikkeuksellinen keino monikulttuurisessa kanssakäymisessä – keino lisätä kulttuurien välistä ymmärtämistä. Esimerkkinä voidaan mainita vaikkapa kapellimestarit, jotka kiertävät ympäri maailmaa ja universaalien kielen, musiikin, ja sen johtamisen kautta tekevät työtä monenlaisten orkestereiden kanssa. Esteettiset kokemukset ja arvot vahvistavat kulttuurien keskinäistä integraatiota. Näin taiteella on oma ratkaisevan tärkeä roolinsa globalisaatiossa, ja se on vahvaa, ihmiskunnan kattavaa rauhankasvatusta.

Kohti yhä älykkäämpää teknologiaa

Tämä osaamisalue muodostuu niistä mahdollisuuksista, joita syntyy, kun toisaalta mielen ja aivojen toimintaan, toisaalta ajattelun ja kielen toimintaan liittyvä osaaminen yhdistetään kehittyvään teknologiseen osaamiseen. Kyseessä on siten monitieteisen ihmistutkimuksen sekä kieli- ja vuorovaikutustutkimuksen tulosten hyödyntämisestä ja käyttöönotosta tekniikan ja sen sovellutusten edelleen kehittämisessä.

Teknologiassa toiminnan ymmärtäminen johtaa mahdollisuuteen tuottaa samaa keinotekoisesti. Tällä perusteella aivojen ja mielen jatkuvasti kasvava toi-



minnan ymmärtäminen tulee johtamaan koneisiin, jotka käsittelevät tietoja aivojen tapaan ja osin mahdollisesti ymmärtävät tietoa ihmismielen tapaan (kognitiivinen tekoäly). Tällaisen osaamisen lisääntyminen avaa monia kehitysmahdollisuuksia hyvinkin erilaisilla aloilla.

Eri tieteenalojen välinen yhteistyö

Osaamisalue liittyy biologiaan, psykologiaan, käyttäytymistieteisiin, vuorovaikutus- ja kommunikatiotutkimukseen, kielen tutkimukseen sekä teknologiaan ja insinööritieteisiin. Myös muilla tieteenaloilla, esimerkiksi filosofialla, on annettavaa tälle osaamisalueelle.

Monitieteinen aivotutkimus ja sen nopea kehittyminen luovat pohjan osaamisalueen mahdollisuuksille. Lääketieteen puolella neurologian, neurofysiologian ja neuroradiologian sekä laajemminkin aivojen kuvantamistutkimuksen osaaminen on hyvin tärkeää. Psykologian kentässä Suomessakin pitkälle kehittynyt aivojen toiminnan ja erityisesti aivojen ja aistihavaintojen tutkimus tuottaa nopeasti uutta tietoa.

Kehityspsykologinen ja kehityspsykiatrisen tieto, erityisesti mielen syntymiseen ja ymmärtämisen kehittymiseen liittyvä tutkimus, tulevat tämän osaamiskokonaisuuden kannalta yhä tärkeämmiksi. Ihmismielen toiminnan kokonaisuuden ymmärtäminen on nyt avainasemassa. Tunteita, kokemuksia ja esitietoista mieltä tutkivat alueet psykologian ja psykiatrian kentässä nousevat tärkeään asemaan – uusimpana alueena pikkulapsipsykiatrisen tutkimus, erityisesti sikiöaikana ja elämän ensimmäisinä vuosina tapahtuvan aivojen ja mielen kehittymisen tutkimus.

Käyttäytymistieteiden ja vuorovaikutustutkimuksen puolella osaamisalueessa on kysymys sekä ihmisten ja ihmisen ja koneen välisestä vuoro-

vaikutuksesta että näihin vuorovaikutussuhteisiin liittyvien muutosten kaksisuuntaisuudesta, joka vaikuttaa aina kumpaankin osapuoleen. Näin muutosten ennustettavuus on rajallista ja haasteellista. Ennustettavuutta tulee lisäämään ihmismielen kokonaisvaltaisempi ymmärtäminen ja ”irrationaalisuuden” parempi huomioon ottaminen.

Kielen tutkimuksen puolella osaamisalue liittyy kielentutkimukseen, käännytutkimukseen, tulkauksen tutkimukseen, teknisen viestinnän tutkimukseen ja kieli- ja informaatioteknologiaan.

Tulkauksen, käännökseen ja informaatioteknologian alat ovat nopeassa kehitysvaiheessa; tulkauksen tutkimus on näistä vähiten tunnettu ja alana uusi. Kaikkein uusin ala on teknisen viestinnän tutkimus, jolla on nopeasti laajeneva kysyntä. Koko ala on luonteeltaan soveltava. Kielentutkimus on vanhastaan vahva ala, jossa elektronisten aineistojen käyttö on merkinnyt vallankumouksellista muutosta, mutta soveltaminen on vielä vähissä. Seuraavien kymmenen vuoden kuluessa saamme uutta tietoa erityisesti puhutusta kielestä niin yksi- kuin monikielisissä yhteyksissä.

Teknologian ja insinööritieteiden puolella osaamisalueeseen liittyy informaatiotekniikka, tekoäly, robotiikka ja elektroniikka. Ulkomailla alue tunnetaan muun muassa nimillä cognitive information processing, neuro-IT, neuroinformatics ja machine consciousness. Sovellutusalueina ovat muun muassa koneellinen ymmärtäminen, tiedon haku ja hallinta, käyttöliittymät, autonomiset agentit ja robotit.

Tällä hetkellä Suomen teknologiavienti on pitkälti matkapuhelinteknologian varassa. Jo nyt on nähtävissä, että vuoteen 2015 mennessä ala on taantumassa. Nykyiset ”älytuotteet” jäävät vanhanaikaisiksi, ja näitä tuottavat yritykset menettävät liikevaihtoaan. Tämä saattaa johtaa Suomen nykyisen informaatioteknologia- ja elektroniikkateolli-



suuden kuihtumiseen, ellei löydy kokonaan uutta teknologista kasvualuetta korvaamaan menetyksiä. Kognitiivinen teknologia nähdään uutena mahdollisuutena.

Alalle on syntynyt ulkomailla tutkimusbuumi, joka tulee johtamaan käytännön sovellutuksiin monella eri alueella 5–10 vuoden sisällä. Kehitystä nopeuttaa rahoitus, jota nykyisin saa Euroopassa muun muassa EU:n Future and Emerging Technologies -ohjelman kautta. Yhdysvalloissa ala kehittyy nopeasti esimerkiksi DARPA:n (Defense Advanced Research Projects Agency) rahoituksen turvin.

Suomessa alaan liittyvää, mutta hajallaan olevaa tutkimusta on yliopistoissa, korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa, ja valmiuksia kehittämiseen on. Meillä etua tulee pienen maan yhteistyömahdollisuuksista, siitä, että ihmistieteet ja teknologia voidaan tehokkaasti saattaa keskinäiseen vuorovaikutukseen. Tekoälyn kehittäminen humanien arvojen mukaisesti ja ihmisyyttä kunnioittaen voidaan suomalaiseseen osaamiseen perustuen ottaa erityisvahvuudeksi täällä.

Teknologian kentässä tekoälyn mahdollistama kuvan, tekstin, äänen, elokuvien ja kertomusten koneellinen ymmärtäminen avaa monia sovellusmahdollisuuksia. Robotiikassa on viime vuosina ratkaistu oleelliset mekatroniikan ongelmat (viihde- ja kotirobotit). Nyt vuorossa on kognition lisääminen. Muita olemassa olevia sovellutusalueita ovat tietoverkot ja henkilökohtaiset älylaitteet.

Terveydenhuollon puolella mielen ja aivojen alkututkimuksen tuottama uusi tieto tulee antamaan monia mahdollisuuksia jatkokehittelyille ja sovellutuksille esimerkiksi aivoja ”palvelevien” laitteiden kehittelyyn. Ehkäisevää ja terveyttä edistävää työtä erityisesti lasten ja vanhusten kanssa tekevät sekä vammaisten ja pitkäaikaissairaitten hoito- ja kuntoutuspalveluja kehittävät ja tuottavat tahot, jotka tule-

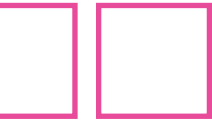
vat tarvitsemaan ja hyödyntämään uutta tietoa. Myös esimerkiksi opetusala ja kulttuuripalvelut voivat omalta osaltaan monipuolisesti hyödyntää näitä kehitysmahdollisuuksia.

Alituinen kielirajojen ylittämisen tarve on iso haaste kieliteknologian kehittämiseksi. Ilmeisiä arkisia tarpeita ovat kielenoppimisteknologia ja käännös- ja tulkkausteknologia sekä teknisen viestinnän apuvälineet. Elektronisten resurssien hyödyntämisen kielenopetuksessa, tulkkauksessa ja erilaisissa käännössovellutuksissa tulee lisääntymään ja monipuolistumaan. Kielen osuus sekä ihmisten keskinäisessä tekniikan välittämässä vuorovaikutuksessa että ihmisen ja koneen välisessä vuorovaikutuksessa on merkittävä, mistä johtuen näiden alojen yhteistyö ja yhteinen tutkimus avaavat runsaasti tärkeitä uusia sovellutusmahdollisuuksia. Kognitiivinen teknologia muuttaa myös tapaa, jolla ihmiset käyttävät tietoteknisiä laitteita. Tiedonhauit ja tiedon yhdistelyt tulevat helpommiksi.

”Suomalaisuus” osaamisalueena

Ihmisten yksilöllinen ja yhteisöllinen erilaisuus tulee globalisoituvassa yhteiskunnassakin säilymään. Kulttuuri on voimavara, josta kulttuurienvälisen kohtaamisen ja yhteisen oppimisprosessin kautta voi tulla kaikkien, myös laajempien yhteisöjen, resurssi. Tietyissä olosuhteissa tehokkaaksi osoittautuneet ominaisuudet tai käyttäytyminen voivat muuttua vähemmän tehokkaiksi. Sama koskee myös osaamisalueita, jotka oppimisen myötä siirtyvät, esimerkkinä vaikkapa suomalaisten aiempi vahvuusalue maastohiihto. Kulttuurisesti ja etnisesti suhteellisen yhtenäisessä Suomessa voidaan ”suomalaisuudesta” edelleen puhua.

Suomalainen demokraattinen hyvinvointivaltio ja samanaikaisesti dynaaminen ja luovuutta suosiva tietoyhteiskunta ovat tällä hetkellä kansainvälisesti arvostettuja. Suomalaisilla on erinomaiset mahdollisuu-



det erityisesti inhimillisen teknologian kehittämisessä: hyvä perusinsinööriosaaminen, teknologiaosaaminen ja ihmisläheisyyden arvostus. Suomalaisesta asiallisuudesta, suoruudesta, täsmällisyydestä ja luotettavuudesta on tullut brändi, jonka varaan voi – ainakin toistaiseksi – rakentaa myös kansainvälistä menestystä.

Suomessa on pieni, mutta hyvin koulutettu väestö, joka on osoittautunut huomattavan muutoskykyiseksi. Korkeasta koulutustasosta ja yhteiskunnan vaurastumisesta huolimatta suomalaisilla on edelleen nöyryyttä, joka on oppimisen ja ymmärtämisen edellytys. Historia on antanut Suomelle – kahden kulttuurin rajalla olevalle, ilmastollisesti ankaralle maalle ja sen kansalaisille – eloonjäämistaitoja, jotka voivat olla poikkeuksellisen hyödyllisiä globalisoituvassa maailmassa. Arkipäivän elämänarvojen ja vallitsevien realiteettien ymmärtäminen antavat suomalaisille poikkeuksellista vahvuutta, energiaa ja itsenäisyyttä.

Suomalainen tasa-arvo ja tasavertaisuus ovat vahvuuksia, joka antavat ”sanomisen ja kuulemisen mahdollisuuden”. Tasavertaisia rakenteita ei kuitenkaan vielä osata täysin hyödyntää vuorovaikutuksellisesti. Kulttuurisesti tämä ilmenee edelleen tietynä tasapaisyyden odotuksena. Konsensus- ja harmoniapyrkimykset tukahduttavat esimerkiksi työelämän tilanteissa usein aidon dialogin, jossa pyritään molemminpuoliseen ymmärrykseen ja uusiin näkökulmiin. Aidossa dialogissa on avoimuutta, kunnioitusta ja riittävästi tilaa erilaisten perspektiivien esittämiselle ja niiden pohtimiselle.

Suomalainen yhteiskunta on lisäksi edelleen kulttuurisesti ja etnisesti suhteellinen yhtenäinen ja samankaltainen. Tämä ja voimakas kansallinen identiteetti voivat olla vahvuus ja kilpailuvaltti. Voimakkaasti monikulttuuristuvassa työelämässä ja sosiaalisessa elämässä se on kuitenkin lisääntyvästi heikkous. Eri-laisuuden suurempi hyödyntäminen ja uusien näkökulmien aktiivinen etsiminen ja löytäminen dialogin kaut-

ta ovat suomalaiselle viestintäkulttuurille uusi, suuri haaste. Muun muassa eri lailla ajattelemaan rohkaistuminen, eri lailla ilmaiseminen ja kuuntelemaan oppiminen ovat käytännön monikielisen ja monikulttuurisen yhteistyön viestinnällisiä ja vuorovaikutuksellisia haasteita ja uuden oppimisen mahdollisuuksia.

”Yksin selviämisen eetos” on suomalaisissa työympäristöissä osittain historiaa. Se heijastuu kuitenkin vielä esimerkiksi kysymisen, verkostoitumisen ja yleisemminkin kulttuurien välisen viestinnän vaikeutena. Asia- ja tehtäväkeskeisyys, jotka ovat suomalaisten vahvuuksia, voivat muodostua myös heikkouksiksi silloin, kun vuorovaikutuksen kautta on luotava inhimillisiä verkostoja. Oman osaamisen kansainvälinen markkinointi (esimerkkinä pienet teknologian alan huippuyritykset, joilla ei ole taloudellisia resursseja eikä kulttuurienvälistä tietotaitoa) on edelleen ongelmallista.

Suomen tulevan menestyksen yhtenä mahdollisuutena on suomalaisuuden nostaminen omaksi osaamisalueekseen, jolloin maamme erityisvahvuuksia voidaan tietoisesti hyödyntää ja ongelmakohtia systemaattisesti ratkoa. Maamme voisi myös kehittää määrätietoisesti uusia sosiaalisia ja humanistisia innovaatioita niin ihmissuhteiden, luonnon ja kulttuurin kuin yritysten ja palveluiden osalta.

Pohdiskelun tulos

Ajatuksia jatkokehittelyyn

■ Monitieteinen, monialainen ja monikulttuurinen yhteistyö on haaste. Finnsight2015 -projektin yksi merkittävimmistä saavutuksista oli eri alojen suomalaisten asiantuntijoiden saattaminen yhteen työskentelemään yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi. Projektin rakenne oli innovatiivinen ja mahdollisti sekä kasvokkaiset että verkkovälitteiset keskustelut. Monitieteisen, monialaisen ja monikulttuurisen yhteistyön vaikeudet tuntuivat: hanka-

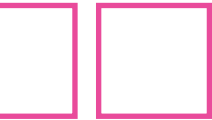


luutena olivat erilaiset viitekehykset, erilainen käsitteistö, erilainen keskustelukulttuuri. Projektin päättyessä yhteistä kieltä oltiin vasta löytämässä. Monikulttuurisuus toteutui vain osittain, erilaisten suomalaisten yhteistyönä. Tärkeää on jatkaa tästä eteenpäin.

- Kulttuuri on resurssi. Kulttuurin ja kulttuurien merkitystä voimavarana ei vielä riittävästi ymmärretä eikä sitä osata hyödyntää. Kulttuuri ei ole vain jotakin, jota lisätään tai painotetaan tarvittaessa. Ihmiset tuovat vuorovaikutukseen paitsi henkilökohtaisen historiansa myös kulttuurinsa. Kulttuurit – kuten vuorovaikutuskin – ovat dynaamisia ja muuttuvia. Kulttuurierot ovat vuorovaikutuksen rikkaus, parhaimmillaan luovuuden lähde.
- Henkiset voimavarat ovat hyvinvoinnin ja menestyksen perusta. Entistä tärkeämpää niin yksilöiden kuin yhteiskunnan ja sen eri tahojen kannalta on ihmisen henkisten voimavarojen huomioiminen ja edistäminen. Ihmisen psyykinen sopeutumiskyky on lujilla, ja mielenterveyteen, hyvään toimintakykyyn ja luovuuteen tulee panostaa. Henkisen hyvinvoinnin varmistamisesta tulee menestymisen avaintekijä.
- Ihmissuhteet muodostavat pohjan hyvälle elämälle. Läheiset, jatkuvuutta ja pysyvyyttä kantavat ihmissuhteet tarjoavat edellytykset sekä elämän laadulle ja hallinnalle että myös mahdollisuuden jatkuvaan psyykkiseen kypsymiseen ja henkisten voimavarojen latautumiseen. Pitkät kiintymyssuhteet ovat välttämätön perusta lasten ja nuorten tasapainoiselle kasvulle. Ihmissuhteisiin investoimalla rakennetaan henkistä pääomaa ja menestyvää suomalaista tulevaisuutta.
- Monikulttuurista osaamista tarvitaan. Globalisaatio samoin kuin teknologian kehitys panevat yhä useammat kohtaamaan erilaisuutta. Monikulttuurista osaamista tarvitaan sekä työelämässä että

sosiaalisissa tilanteissa – Suomessa ja muualla toimittaessa. Monikulttuurinen johtaminen, tiimityöskentely, kulttuurienvälinen markkinointi ja mainonta ovat esimerkkejä globaalien talous- ja työelämän haasteista. Maahanmuuttajien onnistunut integrointi edellyttää sekä maahanmuuttajilta että suomalaisilta molemminpuolista sopeutumista ja monikulttuurista osaamista. Sitä ei synny implisiittisesti, eivätkä arvot ja asenteet muutu itsestään. Osaamiseen on panostettava tutkimuksen, opetuksen ja koulutuksen keinoin.

- Keskustelukulttuurin kehittäminen on koko yhteiskuntaa koskeva haaste. Verkkoviestinnän kehittyminen on murtautunut keskinäisviestinnän ja joukkoviestinnän rajaviivan. Yksityinen tulee julkiseksi. Osallistuva ja avoin tiedonmuodostus toteutuu keskustelujen kautta. Ihmisiltä edellytetään runsasta ja monitahoista vuorovaikutusta; kansalaisten mahdollisuus saada ja tuottaa informaatiota on riippuvainen vuorovaikutusta kehittävästä innovaatioista. Keskustelu vuorovaikutusprosessina on haaste viestinnän tutkimusaloille, kielitieteelle, yhteiskuntatieteille ja teknologialle.
- Vuorovaikutustaitojen ja ymmärtämisen lisäämisen avulla on mahdollista kehittää uusia innovaatioita. Vuorovaikutus- ja keskustelutaitojen sekä empatiakyvyn kehittäminen nousevat erityisen tarpeellisiksi ja koneiden keskellä eläville ihmisille välttämättömiksi oppimisen alueiksi. Sosiaaliset innovaatiot näillä alueilla voivat kasvaa menestystekijöiksi. Ymmärtämistä lisäävät toimet ja menetelmät tulevat olemaan yhä halutumpia erityisosaamisen alueita.
- Dialogi tuo ymmärrystä ja luo uutta. Aito dialogi on avointa vuorovaikutusta, tilan luomista erilaisille näkökulmille, yhteisen ymmärryksen etsimistä, erilaisuuden kuulemista ja kuuntelemista. Dialogi antaa mahdollisuuden uuden löytämisen. Dialogi



on myös välittämistä ja vastuuta. Dialoginen osaminen on myös suomalaisille yksi suurimmista vuorovaikutuksen haasteista.

- Välittämisen tarve korostuu. Inhimilliset perusteet eivät enää tyydytä yhtä hyvin tavanomaisen arkisen kanssakäymisen kautta. Myös yhä voimakkaammin teknistyvä elinympäristö lisää inhimillisen hoivan, välittämisen ja yhdessä jakamisen tarpeita. Elämän laatu ja hyvän elämän mahdollisuudet korostuvat tavoiteltavina asioina, ja niiden mahdollistamisesta tulee sekä yhteiskunnan että erilaisten yritysten menestyksen haasteita.
- Paradoksien kanssa on opittava elämään. Nopeasti muuttuva maailma, teknologian kehitys, dynaaminen vanhan ja uuden, paikallisen ja kansainvälisen rinnakkainelo tuovat inhimilliseen elämään uudenlaista monimutkaisuutta. Vastakkaistenkin ilmiöiden, arvojen ja käyttäytymisen samanaikaisuuden ymmärtäminen ja hallitseminen edellyttää "joko-tai"-ajattelun muuttumista "sekä-että"-ajatteluksi.
- Oppimaan oppiminen ja ymmärtämisen ymmärtäminen ovat menestystekijöitä. Kasvavien tietomäärien kanssa ihmisten on ennen kaikkea opittava oppimaan siten, että jatkuvasta uuden omaksumisesta tulee haluttu taito. Kaikki keinot ymmärtämisen lisäämiseen, tutkimiseen ja tukemiseen on otettava käyttöön ja hyödynnettävä. Uusien innovaatioiden syntyminen tulee tällä alueella nopeasti kasvamaan.
- "Suomalaisuus" voi olla vahvuus mutta myös luovuuden este. Suomessa on pieni, hyvin koulutettu, muutoskykyinen väestö, jolla on historian ja maantieteellisten olosuhteiden tuomia elonjäämistaitoja, arkipäivän realismia ja edelleen oppimiselle välttämätöntä nöyryyttä. "Suomalaisuus" on tällä hetkellä kansainvälisesti arvostettua, brändi. Kulttuurinen samankaltaisuus ja voimakas kansallinen

identiteetti ovat pitkään olleet suomalaisten vahvuuksina. Globaalissa ja monikulttuuristuvassa maailmassa se voi olla lisääntyvästi heikkous. Eri-laisuuden hyödyntäminen ja uusien näkökulmien aktiivinen etsiminen on suomalaisille haaste. Eri lailla ajattelemaan rohkaistuminen, eri lailla ilmaiseminen ja eri lailla kuuntelemaan oppiminen ovat käytännön tehokkaan monikielisen ja monikulttuurisen vuorovaikutuksen edellytyksiä ja uuden oppimisen mahdollisuuksia.

- Inhimillistä teknologiaa tarvitaan. Suomessa on hyvät mahdollisuudet kehittää kilpailuvaltiksi inhimillistä, ihmisläheistä tekniikkaa. Tämä tarkoittaa erilaisia asioita arkipäiväisistä teknisistä laitteiden parannuksista ja käytettävyyden lisäämisestä aina teknologian kehittämiseen liittyvien haittojen hallitsemiseen ja eettisiin arvovalintoihin asti.
- Muutos on osa ihmisenä olemista ja elämistä. Muutoksen mieltäminen olennaisena osana inhimillistä elämää, samoin kuin ihmisen elinympäristöä, luontoa, tuo ihmisille toisaalta joustavuutta ja kestävyyttä ja antaa toisaalta ajattelulle ja toiminnoille pitkäjänteisyyttä.
- Hyvinvointiyhteiskunta merkitsee henkistä hyvinvointia. Hyvinvointi on tähän asti lisääntynyt taloudellisen vaurastumisen myötä, ja hyvinvointiyhteiskunta on tarkoittanut kansalaisten taloudellisen aseman ja tasa-arvon huomioon ottamista. Nyt taloudellinen rikastuminen ei enää samalla tavalla tuota inhimillistä hyvinvointia – päinvastoin esimerkiksi lasten ja nuorten osalta juuri varakkaissa maissa ongelmat kasvavat. Hyvinvointiyhteiskunnan painopiste siirtyykin menestyksen ja tasa-arvoisuuden varmistamiseen ennen muuta henkisen hyvinvoinnin osalta.
- Suomen tuleva menestys perustuu pysyvyyden, jatkuvuuden ja muutoksen tasapainolle.



Toiminta- ja elinympäristön nopeissa muutoksissa ihmisen kyky hahmottaa ja ymmärtää todellisuutta vaikeutuu. On entistä hankalampi arvioida, mikä edustaa pysyvyyttä ja mikä muuttuu sekä milloin muutos pohjautuu jatkuvuuteen, milloin ei. Nopeissa muutoksissa tutkimustiedot ja niiden soveltaminen sekä ennakointi eivät aina enää auta. On myös vaikea ymmärtää ihmisen erilaisia tarpeita pysyvyyden, muutosvastarinnan ja uuden luomisen välillä. Historiaa, historian historiaa ja historian osaamista tarvitaan kehityksellisten trendien seuraamiseen, heikkojen signaalien havaitsemiseen. Yksilötasolla kyse on omasta kokemuksesta muistamisesta ja sen tärkeydestä. Oman elämänkaaren arvostaminen lisää ihmisen muutuskäkyä ja inhimillisyyttä.

Toimenpide-ehdotuksia

Ymmärtämisen ja vuorovaikutuksen tutkimus:

- Tieteidenvälinen perustutkimus on tärkeää, vaikka se ei johtaisikaan välittömiin sovelluksiin. Tarvitaan mahdollisimman erilaisia, uusia näkökulmia (monitieteisyys, monikulttuurisuus, myös esimerkiksi käyttäjän näkökulma).
- Soveltavan tutkimuksen tulisi olla monitieteistä ja monikulttuurista; yhteistyö elinkeinoelämän ja muiden tahojen kanssa on olennaisen tärkeää.
- Tutkimusyhteistyön tulisi olla pitkäjänteistä, laaja-pohjaisesti rahoitettua.
- Uusien tutkijasukupolvien kasvattamiseen ja tutkijoiden monitieteiseen ja monikulttuuriseen yhteistyöhön on panostettava entistä voimallisemmin.

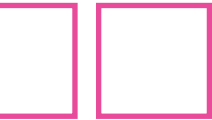
Rakenteet:

- Yhteistyön kehittämisen esteitä ovat jäykkä tieteenalojen ryhmittely samoin kuin resurssien jako tieteenaloittain.

- Yhteistyön tulee olla monitieteistä (viestintä, kieli-tiede, käänntiede, kasvatustiede, lääketiede, yhteiskuntatieteet, kulttuurin tutkimus, taloustiede, teknologia jne.), poikkisektorista (eri tieteenalojen edustajat, tekniset toimijat, sisällön tuotannon ja tutkimuksen asiantuntijat, yhteiskunnan eri sektorit, viranomaiset, kansalaisjärjestöt, politiikka, hallinto) ja monikulttuurista (kulttuurin sisäinen, kansainvälinen).
- Yhteistyön rakenteelliset muodot voivat vaihdella osaajien/osaamisklustereiden verkostosta akateemiseen sateenvarjomalliin ja yhteisiin projekteihin (monet tahot, pitkä aikajänne). Monitieteisten yhteisten keskusten tai yliopistollisten yksikköjen (vuorovaikutuksen tutkimus ja opettaminen) perustaminen, yhteistyössä elinkeinoelämän kanssa, on rakenteellisesti raskaampi, mutta harkinnan arvoinen vaihtoehto. Yhteistyötä tulisi edeltää eri tutkimusryhmien edustajista koostuvien asiantuntijaryhmien kartoitus osaajista ja resursseista sekä yhteisten tavoitteiden fokusointi.
- Monitieteisen yhteistyön aikaansaaminen sinänsä on jo innovaatio.

Monitieteisen yhteistyön tutkimusaiheita ja/tai toimenpiteitä voisivat olla esimerkiksi:

- Mielen voimavarat, tasapainoinen kehitys, henkinen hyvinvointi (lapset ja aikuiset)
- Jaksaminen, luovuuden vahvistaminen (aikuiset ja lapset)
- Maahanmuuttajiin kohdistuva asenne- ja arvokasvatus: tavoitteena kehittää uusia toimintamalleja maahanmuuttajien koulutustason nostamiseksi ja työllistymisen edistämiseksi
- Valtaväestöön kohdistuva asenne- ja arvokasvatus monikulttuurisuuteen, jolloin tavoitteena on hyvien asennekasvatusmenetelmien kehittäminen. Asen-



ne- ja arvokasvatus on hidas ja työläs prosessi, jota usein sovelletaan suunnittelemattomasti ja vailla käsitystä sen toimivuudesta. Tutkimustiedon avulla tuloksellisuutta voidaan mitata ja seurata ja käytännön toimenpiteet kohdistaa sinne, mistä niistä on eniten hyötyä, esimerkiksi yrityksen, oppilaitoksen tai kunnan tasolla

- Perustutkimus ja soveltava tutkimus inhimillisestä vuorovaikutuksesta
- Perustutkimus ja soveltava tutkimus ryhmien välisestä vuorovaikutuksesta laajemmin (mm. asenteet, arvot, stereotyyppiä, identiteetti)
- Perustutkimus ja soveltava tutkimus aivojen ja mielen kehityksestä ja toiminnasta erityisesti liittyneenä inhimilliseen vuorovaikutustutkimukseen
- Ymmärtämistä synnyttävän oppimisen ja siihen liittyvän vuorovaikutuksen tutkimus
- Monitieteinen perustutkimus ja soveltava kulttuurien välistä kompetenssia koskeva tutkimus
- Median vaikuttavuus
- Ihmiskeskeisen teknologian kehittäminen
- Vuorovaikutus verkottuneessa, tietoperustaisessa ja kansainvälisessä työympäristössä
- Äidinkielen merkitys vuorovaikutukselle ja ajattelulle monikielisessä ja transkulttuurisessa maailmassa
- Lingua franca; kielten ja kulttuuristen käytäntöjen hybridisoituminen
- Ymmärtäminen ja kehityksellinen tutkimus jatkona nyt käynnistyneelle prosessille. Jatko voi toteutua erilaisin tutkimus- ja kehittämishankkein. Suomella on poikkeuksellisen hyvät mahdollisuudet tämänkaltaisen ainutlaatuisen ja innovatiivisen prosessin eteenpäin viemisessä.



FINNSIGHT 2015



9. Materiaalit

Puheenjohtajat

Professori *Hilkka Knuutila*, Borealis Polymers Oy
ja Joensuun yliopisto

Professori *Päivi Törmä*, Jyväskylän yliopisto

Panelistit

Markku Heino, Nokia Research Center/
Multimedia Technologies Laboratory

Olli Ikkala, Teknillinen korkeakoulu

Ilkka Kangasniemi, Vivoxid Oy

Jukka Kivinen, UPM Wood Products

Markku Leskelä, Helsingin yliopisto

Mikko Paalanen, Teknillinen korkeakoulu

Arto Ranta-Eskola, Ruukki Production, Jatkojalostus

Jukka Seppälä, Teknillinen korkeakoulu

Kari Ullakko, Adaptamat Oy

Minna Uotila, Lapin yliopisto

Muutostekijät

Raaka-aineiden ja energian riittävyys ja erityisesti öljyn hintakehitys. Uusiutuvat raaka-ainelähteet mahdollisuutena

Kehittyneiden maiden energian kulutuksen kasvaessa myös kolmansien maiden, erityisesti Kiinan ja Intian energian tarve lisääntyy roimasti maiden talouskasvun kiihtyessä. Tämän katsottiin johtavan paitsi hinnan jatkuvaan nousuun, myös maailmanlaajuiseen huoleen fossiilisten polttoaineiden riittävydestä ja sitä myöten energiankulutuksen joko vapaaehtoiseen tai jonkinlaiseen sopimus pohjaiseen rajoittamiseen.

Öljy on edelleen tärkeä energianlähde, mutta lisäksi se on myös tärkeä kemian teollisuuden raaka-aine. Tuskin raakaöljy vielä vuoteen 2015 mennessä loppuu, mutta sen saatavuus ja käytettävyys voivat heiketä huomattavasti. Syynä voivat olla ennalta arvaamattomat luonnonkatastrofit, ilmastonmuutoksen eteneminen ja sen aiheuttamat rajoitteet fossiilisten polttoaineiden käytössä sekä myös ennakoimattomat poliittiset konfliktit. Jo nyt useat maapallomme konfliktitilanteet liittyvät tavalla tai toisella energiaan ja öljyyn. Tästä voi olla seurauksena raakaöljyn hinnan raju nousu. Toisaalta yhä vielä on hyödyntämättömiä öljyvaroja, joiden käyttöönotto voi tällä hetkellä olla taloudellisesti kannattamatonta tai teknisesti erittäin vaativaa. Maailmanpolitiikan käänteet ovat vaikeasti ennakoitavissa, ja ne voivat vaikuttaa kehitykseen merkittävästi. Tilanne voi olla 2015 totaalisesti toinen – niin kuin energian hintakin.

Kyse ei ole pelkästään energian ja öljyraaka-aineen riittävydestä, vaan myös siitä, että hinta ja lisääntyvän kulutuksen aiheuttamat, kasvavat ympäristövaikutukset luovat paineen pohtia kulutuksen etiikkaa ja luonnonsuojelullisia näkökohtia yhdessä mahdollisten korvaavien vaihtoehtojen kanssa. Nämä seikat pakot-

tavat kehittämään uusia energiaratkaisuja. Petrokemian teollisuus ja kulkuvälineteollisuus ovat suurimman haasteen edessä. Energiantuotantoon on löydettävissä helpommin muita vaihtoehtoja. Öljyn hinta tulee mahdollisesti nousemaan niin korkeaksi, että uusiutuvat energia- ja raaka-ainelähteet tulevat hinnaltaan kilpailukykyisiksi. Tämä pakottaa kehittämään muita energialähteitä öljyn sijaan; tällöin vaihtoehtojen energiamuotojen, kuten tuulivoiman ja atomienergian, merkitys korostuu. Vaihtoehtojen energiamuotojen lisäksi on tarve löytää ratkaisuja myös energiaa vähän kuluttaviin prosesseihin ja laitteisiin, kuten niukasti energiaa ja raaka-ainetta kuluttaviin materiaalien tuotantoprosesseihin, sekä energiantuotannossa vapautuvan hiilidioksidin jälkikäsitteilyyn.

Ydinvoiman lisäämistä on esitetty yhtenä mahdollisena energiaratkaisuna. Nykyisellä käytöllä uraanivarat riittävät suhteellisen pitkään. Jos koko syntyvä energiavaje Kiinan, Intian ja kehittyvien maiden talouskasvun edetessä katettaisiin atomivoimalla, uraanivarat eivät riittäisi. Vaihtoehtona olisi silloin fuusioenergia tai hyötöreaktori (hyödyntää plutonium 239:ää), jotka kuitenkin vielä ovat teknisesti kaukaisia ratkaisuja. Hyötöreaktori voi asiantuntijoiden mukaan olla nopeammin hyödynnettävissä (2040 vs. 2070).

Öljyn hinta vaikuttaa koko talouteen, sen kehittymiseen ja Suomen kilpailukykyyn. Energian ja raaka-aineen kallistuminen voi periaatteessa vaikuttaa teollisuuden kilpailukykyyn ja vaikeuttaa teollista toimintaa Suomessa. Suomella on kuitenkin hyvät mahdollisuudet tutkia ja kehittää omia paikallisia energiaratkaisuja. On lisäksi tärkeää osallistua globaaliin tutkimukseen.

Tiettyjen luonnonvarojen ehtyminen yhdistettynä samanaikaiseen kulutuksen kasvuun ja ympäristökysymyksiin motivoi etsimään myös uusia materiaali-teknisiä ratkaisuja. Samalla näille ratkaisuille avautuu markkinoita. Raaka-aineiden ja materiaalien saatavuus muodostuu selväksi talouden ja kehityksen tasapai-



noa ohjaavaksi tekijäksi. Öljyn energiakäytön vaihtoehtojen niukkuus johtaa myös muovien kustannusnou- suun. Muovien kysyntä kasvaa keskimäärin noin 3–5 prosenttia vuosittain. Vaikka muovien tuotantoon käy- tetään vain noin 4–5 prosenttia raakaöljystä, raaka-ai- neen hinnalla on suuri vaikutus muoviraaka-aineen ja lopputuotteen hintaan.

Uusiutuviin raaka-ainelähteisiin perustuvaa materi- aalituotantoa tulisi kehittää, ja tämä on Suomelle mah- dollisuus menestyä. Uusiutuviin raaka-aineisiin perus- tuvien, energiaa säästävien sekä kierrätettävien mate- riaalien tarve on entistä ilmeisempi; on kuitenkin huo- mattava, että samanaikaisesti materiaaleilta vaaditaan kustannustehokkuutta ja teknisiä huippuominaisuuksia. Kehitykseen voidaan oleellisesti vaikuttaa kehittä- mällä entistä tehokkaampia materiaaliratkaisuja.

Myös perinteisten materiaalien kehityksessä on merkittävää potentiaalia, ja Suomen on pidettävä huoli nykyisen kemianteollisuuden kilpailukyvystä. Sen lisäk- si tulisi tehdä rohkeita avauksia energiaa ja raaka-ainet- ta säästävien ja uusiutuviin raaka-ainelähteisiin perus- tuvien materiaaliratkaisujen kehittämiseksi ja teollis- tamiseksi. Raaka-aineiden uudelleenkäyttö ja parempi hyödyntäminen ovat tulevaisuuden kestävää kehitystä.

Vaihtoehtoisten energialähteiden ja uusien materi- aalien tarve ja niihin liittyvät materiaali- ym. teknolo- giat tuovat uusia menestymismahdollisuuksia suoma- laiselle tutkimus- ja innovaatiotoiminnalle. Avainasiak- si paneelissa nähtiin panostaminen hyvään perustutki- mukseen ja monialaiseen yhteistyöhön mm. fysiikan, kemian, biologian sekä eri tekniikan alojen kesken, sekä näiden tulosten aktiiviseen hyödyntämiseen suo- malaisessa teollisuudessa. Selkeän tutkimusstrategi- an luomisen katsottiin olevan välttämätöntä. Uuden t&k-toiminnan suuntaus on hyvin kriittinen valinta maassa, jossa resurssit ovat pienet.


Talouden, tieteen ja teknologian nousevat maat

Kasvat markkinat ovat muualla

Yksi merkittävimmistä globaalien toimintaympäris- tön muutoksista on se tosiasia, että Eurooppa on markkina- ja talousalueena kehittynyt, kun taas kas- vavat markkinat ovat Kaukoidässä, Kiinassa ja Intiassa. ”Kiina-ilmiöstä” on puhuttu jo jonkin aikaa; työpaikkojen ja tuotannon ennakoidaan siirtyvän yhä enenevässä määrin Kiinaan ja muihin halvan työvoiman maihin. Eikä enää ole kyse ainoastaan ns. bulkkituotannon siirtymisestä, vaan tulevina vuosina puhutaan myös korkean teknologian ja kor- keaa osaamista vaativan tuotannon siirtymisestä sinne, missä on kehittyvät markkinat. Myös Suomi kehittyneenä maana menettää tehdastyöpaikkoja. Nämä voidaan korvata palveluun, tutkimukseen ja innovaatioon liittyvillä työpaikoilla, mikä edesauttaa näiden alojen kehitystä.

Nk. Kiina-ilmiötä seuraavat Intia ja luultavasti seuraavana vuosikymmenenä useat muut väkirik- kaat kehitysmaat. Samalla lähialueillamme on odo- tettavissa uusien EU-maiden ja Venäjän vahva ta- louskasvu. Nousevien talouksien kehitys tieteessä ja teknologiassa johtaa kypsien alojen kehittämi- sen, tuotannon ja kasvun painopisteen siirtymiseen pois Euroopasta ja Yhdysvalloista. Perusmateriaali- en valmistuksen kustannustehokkuus nojaa yhä suurempiin tuotantolaitoksiin, jotka rakennetaan sinne, missä raaka-aine on halpaa (esimerkiksi öljy- pohjaisen muoviteollisuuden tapauksessa Lähi-Itään; tai Kaukoitään, missä on kasvavat mark- kinat). Jos Euroopan kehitys ja talous pysyvät pai- kallaan, muutos voimistuu. Myös tutkimus ja muu haastavampi työ ovat vaarassa karata Euroopasta.

Muutoksella on merkittävä vaikutus Suomen työllisyyteen ja teknis-taloudelliseen kilpailukykyyn. Suomi on korkean teknologian maa, jolle ulkomaan-



kauppa luo suuren osan hyvinvoinnista. Suomen on säilytettävä ja jopa parannettava kilpailukykyään sekä opittava markkinoimaan omaa osaamistaan. On löydettävä tyypilliset osaamisalueet, joilla ainutlaatuinen kilpailuetu säilytetään. Emme voi tehdä kaikkea, meidän on keskityttävä, on kehitettävä vahvoja alojamme, mutta myös löydettävä uusia kilpailukykyisiä ratkaisuja uusille markkinoille.

Perusteellisuustuotanto pysyy tärkeänä vastaisuudessakin. Sen kilpailukykyistä on edelleen pidettävä huolta ja kehitettävä sitä. Tämä edellyttää muun muassa automaatioasteen nostamista sekä kehittyneiden suunnittelu-, valmistusteknologia- ja materiaaliratkaisujen soveltamista. Matkapuhelimen valmistus sekä paperi- ja metalliteollisuutemme ovat tätä perusteellisuustuotantoa/massatuotantoa. Lisäksi tulisi huolehtia siitä, että Suomeen kehittyä uusia korkean teknologian ”massatuotantoaloja”. Kilpailukykyimme säilyttäminen ja parantaminen edellyttää uusia korkean teknologian tuotteita. Tarvitaan ennakkoluulottomia ratkaisuja uuden teollisuuden luomiseksi ja keskittymistä teknologista osaamista vaativiin tuotteisiin, jotka ovat riittävän kapealla segmentillä eivätkä siten kiinnosta suuria massatuottajia. Tutkimusta ja kehitystyötä on keskitettävä näille alueille, ja panostuksen pitää olla riittävä teknisten läpimurtojen saavuttamiseksi. Haasteena on resurssien rajallisuus ja riittävän aikajänteen varmistaminen t&k-toiminnassa sekä oikeiden valintojen tekeminen siten, että pienet voimamme saadaan tuottamaan merkittävää liiketoimintaa.

Lisääntynyt ulkomaalaisomistus ja tutkimuksen siirtyminen kolmansiin maihin

Ei ainoastaan tuotannon, vaan myös tutkimuksen ja tuotekehityksen painopiste voi siirtyä nousevien talouksien maihin.

Ulkomaalaisomistus on lisääntynyt merkittävästi Suomen teollisuudessa. Esimerkkinä voidaan mainita kemianteollisuus, jossa tämä kehitys on ollut erityisen dramaattista. Tämä on jo nyt merkinnyt eräissä tapauksissa osaamisen siirtämistä yhtiön muualla sijaitseviin tutkimuskeskuksiin ja siten tutkimustoiminnan päättymistä Suomessa. Syynä voi olla ”omistajien tahto”, tutkimuksen keskittäminen yhteen paikkaan tai kustannustekijät. Jos tällainen suunta jatkuu merkittävänä, osa aikaisempaa elävää teollisuuden tutkimustoimintaa on siirtynyt muualle vuoteen 2015 mennessä. Hyvä t&k-taso ja panostus sekä korkeatasoinen koulutus Suomessa voivat hidastaa kehitystä, mutta siirtymä voi tapahtua huolimatta korkeasta osaamistasosta.

Jos teollisuuden tutkimustoiminta vähenee, se supistaa myös julkista tutkimusta merkittävästi. Sekä tutkimuslaitosten että yliopistojen tutkimuksen määrä supistuisi. Laskeva kierre ruokkii itseään. Panostus tutkimus- ja tuotekehitystoimintaan voi pienentyä merkittävästi. Neljän prosentin panostus bruttokansantuotteesta tutkimukseen ja tuotekehitykseen voi jäädä vain haaveeksi, kun merkittävä osuus rahoituksesta tulee yksityisistä yrityksistä.

Monet yritykset kartoittavat Venäjän, Intian ja Kiinan tutkimuskeskusten ja yliopistojen osaamista. Kiinan ja Intian teknologinen taso nousee, ja kustannukset pysyvät ainakin vielä jonkin aikaa länsimaiden alapuolella. Tutkimustoimintaa ulkoistetaan ja tutkimuspartnerit etsitään globaalisti sieltä, missä on paras osaaminen ja toisaalta halvat kustannukset. Usein yritysten kustannussäästöt etsitään lyhytnäköisesti tutkimus- ja tuotekehitysmenoista. Tässä tilanteessa Suomen on identifiotava osaamisensa vahvuudet ja varmistettava, että ne ovat kilpailukykyisiä (mikä yleensä tarkoittaa kaikkein parhaita) globaalisti. Myös verkottuminen nousevien talouksien tutkimustoiminnan kanssa avaa mahdollisuuksia.



Tieteen ja teknologian ennakoitavat saavutukset

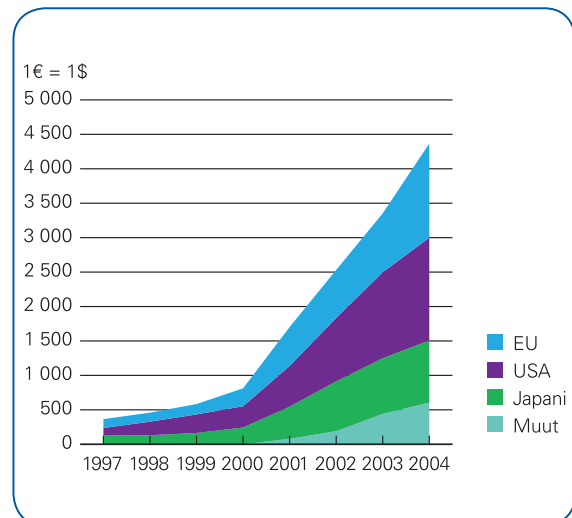
Tämän otsikon alla nousivat paneelissa esiin voimakkaasti toisaalta nanoteknologia, toisaalta älykkäät pinnat ja materiaalit. Myös yhdistelmäateriaalit ja biomateriaalit tuotiin esiin. Koska uusia teknologioita ja niiden ennakoitavia saavutuksia käsitellään myös osaamisalueiden yhteydessä, tässä tuodaan esille vain kolme näkökohtaa, eikä esitys ole mitenkään kattava.

Nanoteknologia

Nanotiede- ja nanoteknologiatermien määrittely on hankalaa, ja niitä käytetään löysästi tiede-, teknologia- ja yleispoliittisissa tarkoituksissa. Niinpä näihin termeihin suhtauduttiin paneelissa varauksellisesti. Eräs määritelmistä on, että nanoteknologialla voidaan hallitusti valmistaa nanometrimittakaavan rakenteita, joilla on uusia ominaisuuksia. Nanoteknologia on mahdollistava teknologia, jota voidaan potentiaalisesti hyödyntää miltei kaikilla nykyisillä teollisuudenaloilla. Nanotieteessä ja -teknologiassa mukana olemista pidettiin erittäin tärkeänä Suomelle. Alan laajuuden ja siihen globaalisti käytettävän panostuksen vuoksi ”nanosta” uskotaan syntyvän merkittäviä uusia tieteellisiä ja teknologisia tuloksia. Sen sijaan on varsin vaikeaa ennustaa, millä nimenomaisella nanotieteen osa-alueella nämä tulevat syntyneen. Uusilla hiilirakenteilla on monia hyödyllisiä ominaisuuksia, kuten erinomainen mekaaninen lujuus, sähkön- ja lämmönjohtavuus sekä stabiilisuus korkeissa lämpötiloissa. Hiilimateriaalit nostettiin esiin lupaavana alueena myös siksi, että siellä mahdollisuudet liittyvät laajalle sovellusalueelle, joista mainittakoon hiilinanomateriaalien käyttäminen komposiittien osana sekä uusiin elektroniikkakomponentteihin.

Nanolla voi olla roolinsa Mooren lain jatkajana (esim. molekyylielektroniikka), mutta on huomattava, että myös perinteinen piitekknologia kehittyi vielä ripeästi.


Kaiken kaikkiaan nanoteknologia tulee vaikuttamaan laajalti useilla elämänalueilla, kuten materiaali-tuotannossa ja elektroniikka- ja lääketeollisuudessa. Se näkyy erilaisina esim. energiaan, rakentamiseen, ympäristöön, terveyteen ja hyvinvointiin liittyvinä sovelluksina. Paneelin arvion mukaan Suomen panostusta nanoteknologiaan voitaisiin suunnata merkittävästi alueille, joissa meillä on jo vahvaa osaamista/liiketoimintaa. Näitä ovat esimerkiksi paperi, elektroniikka ja metalli.



Kuva 1. T&k-investoinnit nanoteknologiaan.

Älykkäät pinnat ja materiaalit

Erilaiset pintatekniikat sekä ”älyn” lisääminen materiaaleihin ja erityisesti pintoihin koettiin alueeksi, jolla tullaan suurella varmuudella tekemään edistysaskeleita. Tämän otsikon alle kuuluvat sekä nanotekniikat (esimerkiksi nanopartikkeleita hyödyntävät) että muut pintatekniikat. Selkeästi nousi esiin painettava elektroniikka, eli tulevaisuudessa elektronisia, aktiivisia ja



älykkäitä komponentteja ja tuotteita voidaan valmistaa painamalla joustaville alustoille. Tämän mahdollistaa johtavien ja puolijohtavien musteiden, erityisesti polymeerien kehitys. Aihepiiri antaa mahdollisuudet yhdistää Suomessa vahvoja alueita (paperi, elektroniikka ja koneenrakennusteollisuus). Älymateriaalit (esimerkiksi biomimeettiset materiaalit) ja pintatekniikat tulivat voimakkaasti esiin myös muutoin kuin painettavan elektroniikan kautta, koska alan kehitykseen uskotaan – tosin älymateriaaleja samoin kuin nanoakin koskevassa keskustelussa on myös ”hypeä” mukana. Suomessa nähdään monia teollisuudenaloja, joilla uusia tekniikoita voidaan soveltaa. Suomalaisen fokuksen löytäminen älymateriaaleissa ja pintatekniikoissa samoin kuin nanotieteessä on tärkeä haaste. Yleisesti ottaen jo nyt erilaisissa pintakäsittelytekniikoissa (kuten ALD ja erilaiset nanorakenteet pinnoille) ollaan edistytty, ja Suomeen on syntynyt pienyrityksiä, jotka kehittävät ja hyödyntävät uusimpia kehitysaskeleita.

Yhdistelmäateriaalit, biomateriaalit

Myös yhdistelmäateriaalit ja biomateriaalit tulivat paneelin työssä esille, tosin eivät aivan samalla painolla kuin nanoteknologia ja älymateriaalit/pinnat. Biomateriaalien samoin kuin nanoteknologian kehityksessä poikkitieteellisyys on erityisen tärkeää. Voidaan myös puhua yhdistelmäateriaalien lisäksi tai sijasta yhdistelmäteknologioista (esimerkiksi elektroniikka, langaton tiedonsiirto, IT, biologia ja materiaalitiede yhdistettyinä).

Yleisiä näkökohtia

Yleisenä trendinä todettiin, että tulevaisuuden suuria tieteellisiä ja teknologisia saavutuksia on odotettavissa materiaalit-alueella nimenomaan poikkitieteellisen yhteistyön kautta. Verkottuminen ja poikkitieteellisyys ovat tärkeitä ja olennaisia tulevaisuuden yhteistyön elementtejä. Tuloksekas tutkimus edellyttää riittävää kriittistä massaa, kuitenkin suomalaiset tutkimusryh-

mät ovat usein pieniä. Suomen pieni koko ja se seikka, että tutkijat tuntevat toisensa yli tieteenalarajojen, nähtiin vahvuutena yhteistyön ja poikkitieteellisyyden rakentamisessa. Materiaalitutkimuksen ja kehityksen sekä toisaalta suunnittelun (design) varhaisessa vaiheessa tapahtuvaa yhteistyötä (ainakin visiotasolla) pidettiin tärkeänä. Esille tuli myös mallinnuksen tärkeys ja erityisesti mallintamisen ja valmistamisen saumaton yhteistyö, joka mahdollistaa rationaalisen materiaalien suunnittelun ja valmistuksen.

Tutkimusprojekteja suunniteltaessa ja toteutettaessa tarvitaan yhä enemmän kykyä arvioida projektin tavoitteiden ja tulosten mahdollista kaupallista potentiaalia. Tutkijat itse eivät ole parhaita tässä arvioinnissa, ja niinpä luonnontieteen alueella tarvitaan yhä enemmän yhteistyötä kaupakorkeakoulujen ja yritysten kanssa, jotta mahdollisten keksintöjen markkinapotentiaali tulisi selvitettyä ajoissa.

Kaupallistamisen pitkä aikajänne huomioitiin: vähintään 10 vuotta kuluu toimivasta keksinnöstä kaupallisesti menestyksekkääksi tuotteeksi. Tämä on pidettävä mielessä uusien teknologioita kehitettäessä myös siinä mielessä, että uusien teknologioiden pahimmat kilpailijat ovat vanhat teknologiat ja niiden kehitys (esim. uuden tuotteen 10 vuoden kaupallistamisjakson aikana). ”Helppoina” innovaatioina, joita kannattaa myös etsiä, nähtiin erilaisten olemassa olevien teknologioiden yhdistäminen uudeksi sovellukseksi/tuotteeksi. Huomioitava on, että tekniikat, jotka nyt ovat näköpiirissämme tai jo kehitysvaiheessa, ovat sovellus- ja kaupallistamisvaiheessa vuonna 2015. Siksi tarvitaan panostusta myös todella uusiin ideoihin, joiden merkitys selviää vasta paljon myöhemmin.

Innovaatiotoiminta, teknologiansiirto, tiedetulosten hyödyntäminen

Vaikka teknologiansiirto aiheena tuli esille vain muutama muutoskijäkartoituksen vastauksessa, itse



paneelikokouksissa se nousi erittäin tärkeäksi. Suomi ei voi eristäytyä teknologiansiirtoon liittyvästä globaalista haasteesta.

Teknologiansiirto nähtiin ongelmana, jopa avainkysymyksenä Suomen menestyksen kannalta, ja sen resursoinnin todettiin olevan huomattavan vähäistä (esimerkiksi sekä tieteelliseen tutkimukseen että yritysten tuotekehitykseen investoidaan kymmeniä miljoonia euroja, mutta teknologiansiirtoon näiden välillä vain satoja tuhansia). Keksinnön kaupallistaminen vaatii ammattimaista toimintaa ja resursseja. Näitä ei ole Suomessa riittävästi. Hyvänä mallina tuli esille Yhdysvallat, jossa on tarjolla runsaasti venture capital -rahoitusta. Lisäksi ”National Security” -nimikkeen alla tuetaan julkisin varoin, huomattavilla panostuksilla, tutkimusta ja tuotekehitystä myös muihin kuin suoriin militaarisovelluksiin. Tutkimuksen ja innovaatiotoiminnan on tehostuttava Suomessa. On pidettävä huolta koko innovaatioketjusta, alkaen tutkimuksesta ja jatkuen seed-rahoitukseen sekä kasvurahoitukseen.

Muuttuvat roolit yliopistoissa ja yrityksissä

Sekä yliopistoissa että yrityksissä tutkimukseen ja tuotekehitykseen liittyvät odotukset ja paineet ovat muuttumassa.

Yliopistotutkijoilta ja erityisesti professoreilta odotetaan yhä useampien, toisistaan poikkeavien tehtävien hoitamista: kansainvälistä huippututkimusta, korkeatasoista opetusta ja tohtorituotantoa, poikkitieteellisyttä, aktiivista rahoituksen hankintaa, yhteiskunnallista vaikuttamista, yritysyhteistyötä, keksintöjä ja niiden markkinointia sekä uusien yritysten perustamista. Tällaiseen roolikuvaan eivät yhden tutkijan tai professorin resurssit riitä. Realistinen tehtäväkuva ja järkevä työnjako eri innovaatioketjun ja teknologiansiirron vaiheisiin liittyen on välttämätöntä, jotta toiminnan korkea taso säilytetään.

Tällä hetkellä pääasiassa rahoitusinstrumentit ohjaavat tutkijoiden toimintaa tiettyyn suuntaan. Fokusoituminen ja strukturointi olisi periaatteellisesti mahdollista myös yliopistojen toimesta, mutta siinä ongelmana on kollegiaalinen johtajuus eli vahvan, riippumattoman johdon puuttuminen.


Yrityksissä taas tutkimus- ja kehitystoimintaan vaikuttavat jatkuva tehostaminen, toimintojen ja diversiteetin karsiminen fokusoitumisen nimissä sekä kustannuspaineet. Erityisesti täysin uusien ratkaisujen hakeminen on vaikeaa tässä tilanteessa. Myös Tekesin tutkimusrahoituksen aikajänteen koettiin lyhentyneen. Riskitutkimus jää yliopistoille. Olisi selvitettävä, mikä on yliopiston rooli uuden teknologian kehittäjänä ja riskitutkimuksen tekijänä.

Kannustavuus ja palkitsevuus

Innovaatiotoiminnan pullonkaulana nähtiin myös yrittäjäkulttuurin sekä kannustavan ja palkitsevan systeemin ja ilmapiirin puuttuminen. Yrittäjiksi ei ryhdytä helposti, koska mahdollinen palkinto ei näytä houkuttelevalta riskeihin ja uuden yrityksen käynnistämisen vaikeuksiin nähden. Keksijöillä on usein hyvin pienet mahdollisuudet hyötyä itse keksinnöstään, mikä laskee motivaatiota. Liian turvallisuushakuinen yhteiskunta, joka ei mahdollista innovatiivisuuteen, riskinottamiseen ja työntekoon liittyvää taloudellista menestymistä, ei kannusta yksilöitä innovaatiotoimintaan.

Tutkimusstrategia ja yhteistyö Kaukoidän kanssa

Pitkäjänteinen, korkeatasoinen, laaja perustutkimus on tärkeää. Siihen tarvitaan merkittävä panostus; tälle perustalle lopulta tulevaisuuden innovaatiot ja uudet menestystuotteet syntyvät. Tutkimus- ja innovaatiotoiminnan painopisteet on mietittävä tulevaisuuden



vahvuuksien kannalta. Enemmän panostusta tarvitaan myös idean kaupallistamiseen.

Tarvitaan selkeä strategia siitä, miten hyödynnetään globalisaation tarjoamat uudet mahdollisuudet, esimerkiksi mahdollisuus liittoutua kehittyvien maiden kanssa vaikkapa koulutus- ja tutkimusalalla. Jo nyt useilla aloilla niin Intiassa kuin Kiinassakin osaamistaso yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa on korkea. Uusia mahdollisuuksia antaa tutkimusyhteistyökumppanien löytäminen idästä. Monikulttuuristen tutkimusryhmien johtaminen ja koordinointi vaatii taitoa; tämä kehittämistarve olisi syytä ottaa huomioon. Lisääntyvä aasialaisten jatko-opiskelijoiden määrä länsimaissa, myös Suomessa, voidaan hyödyntää myös Suomelle edullisella tavalla. Tutkijoiden enenevää liikkuvuutta tulisi tukea myös Kaukoidän suuntaan.

Osaamisalueet

Paneelin työssä nousi esiin hyvin erityyppisiä osaamisalueita. Jotkut ovat perustutkimusvaiheessa olevia aiheita, joissa on periaatteessa suuri potentiaali, mutta sovellusten toteutuminen on vaikeasti ennustettavissa. Näiden aiheiden tapauksessa ei ole aina edes mahdollista nähdä, mihin teollisuudenaloihin ne ensisijaisesti liittyisivät tai mihin yhteiskunnan tarpeisiin ja haasteisiin ne tulevat vastaamaan. Toisaalta nousi esiin alueita, joilla ollaan jo sovellusten ja tuotteiden tasolla, tai ainakin nämä ovat selkeästi nähtävissä. Usein nämä alueet liittyvät tiettyihin teollisuudenaloihin ja yhdistelevät jo olemassa olevia tekniikoita. Jotkut osaamisalueet, kuten esimerkiksi teknologiansiirto, ovat yleistä osaamista ja liittyvät muihin osaamisalueisiin.

Teknologiansiirto, innovaatioketjut ja -prosessit

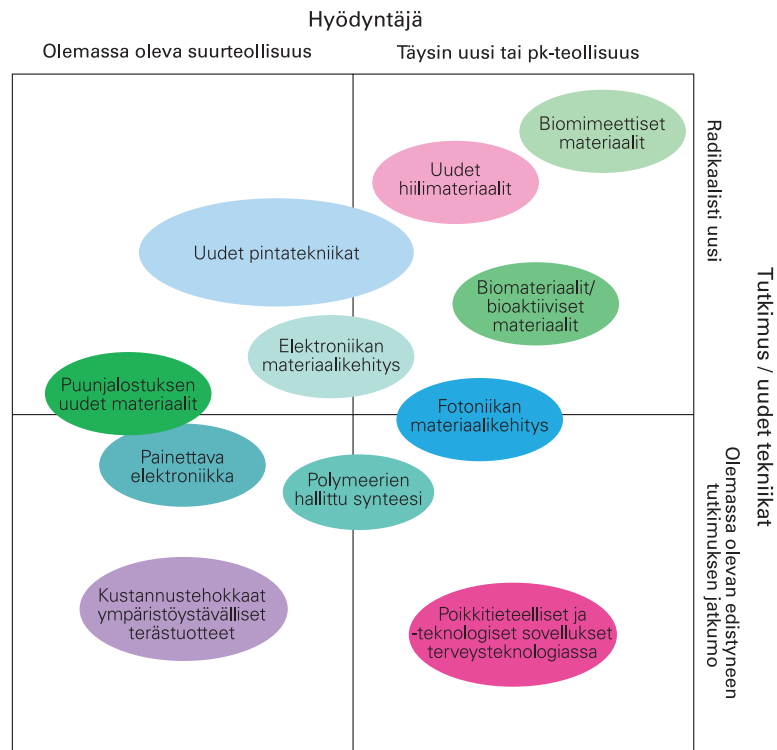
Teknologian siirto eli tieteen saavutusten tehokkaampi hyödyntäminen ja niiden saumaton välittäminen yri-

tysten käyttöön ja yhteiskunnan hyödyksi on yksi kriittisistä tekijöistä yritysten kilpailukyvyyn ylläpitämiseksi ja parantamiseksi.

Kuinka saadaan lisättyä suomalaisen innovaatiojärjestelmän tuottavuutta ja tuottoja? Yhtenä suurena haasteena paneelissa tuotiin esille erittäin tärkeänä asiana pidetty teknologiajohtaminen. Tarvitaan sellaista uutta johtamista, joka toisaalta ymmärtää tutkimuksen ja tuotekehityksen haasteet, mutta jolla on myös kaupallista näkemystä tilanteessa, jossa johtamisen painopiste siirtyy yhä enemmän tuotannon johtamisesta kehittämisen johtamiseen ja toisaalta myös tuotteiden johtamisesta palvelujen johtamiseen.

Tutkimuksesta kaupalliseksi menestystuotteeksi – mutta kuinka? Luonnontieteessä ja soveltavan teknologian piirissä syntyy jatkuvasti merkittävää uutta tietoa ja osaamista. Kuinka saada tutkimus- ja kehitystyön tulokset, jotka ovat entistä useammin eri alojen osaamisen tulosta, kaupallisesti hyödynnettyä nopeasti? Kaupallistamisen haasteet vain kasvavat globaalissa kilpailussa, ja Suomen ongelmaksi nähdään usein osaamattomuus hyödyntää ja kaupallistaa lupaavia keksintöjä.

Teknologian siirtoa tulisi parantaa rahoitusraken-
netta uudistamalla siten, että luodaan tehokkaammin toimivia systeemejä sekä paikataan teknologian siirron rahoitusvajetta. Toimijoiden ja vastuullisten päättäjien verkostoa on selkeytettävä ja eheyttävä. Yhteistyötä Kauppakorkean, prosessi- ja tuotantoteknologian osaajien, rahoittajien, tiedonkeruun ammattilaisten ja teknologiaosaajien välillä on lisättävä ja kehitettävä jo toiminnan alkumetreiltä. Teknologiansiirron ammattilaisia tarvitaan, ja heidän koulutuksensa tulisi aloittaa. Hidasteena voivat toimia vanhat yliopistorakenteet/asenteet, joiden muuttaminen voi olla vaikea tehtävä. Erityisesti teknisten yliopistojen johtamisen opetusta olisi lisättävä, ja uusia yhteistoimintamalleja yliopistojen, tutkimuslaitosten ja yritysten välillä on




Kuva 3. Osaamisalueet nelikentässä. Useat osaamisalueet ulottuvat laajalle pysty- ja vaaka-akselien määrittämässä tasossa, joten kunkin osaamisalueen paikkaa yllä tulee pitää vain hyvin karkeana arviona sen painotetusta keskiarvoasemasta. Yllä olevien 11 alueen lisäksi identifioitiin osaamisalueeksi ”Teknologiansiirto”, joka liittyy kiinteästi kaikkien osaamisalueiden innovaatioketjuun.

kehitettävä Suomalaisen innovaatiojärjestelmän toimijoiden (Tekes, Sitra yms.) roolia on kehitettävä tähän suuntaan. Myöskään yritysten vastaavat rakenteet eivät helposti salli muutoksia. Innovatiivisuutta tarvitaan ehkä kokonaan uudenlaisten organisaatioiden ja niiden toimintamallien luonnissa.

Monialaiset innovaatioprosessit

Ennen kaikkea eri tieteenalojen ja teknologioiden rajapinnoilla on mahdollista synnyttää sosiaalisia ja tekno-

logisia innovaatioita. Parhaimmillaan eri alojen innovaatioprosessien synergiasta syntyy tuotealueita ja ”markkinoita, joita ei vielä ole”. Tieteen ja teknologioiden kehittäjiltä vaaditaan kuitenkin nykyistä rohkeampaa ja ennakkoluulottomampaa otetta tieteiden väliseen toimintaan. Tuotettava uusi tieto todentuu latentteja ilmiöitä kuvaavina uudenlaisina analogioina, käsitteinä sekä konsepteina, joiden varaan voidaan rakentaa operatiivista t&k-toimintaa niin tutkimuslaitoksissa kuin yrityksissäkin.



Monialaiset innovaatioprosessit ovat tulevaisuuden osaamisalue, jonka hyödynnettävyys voi olla varsin laaja-alaista. Osaamisalue vastaa ensinnäkin luovan talouden kannalta keskeisiin tavoitteisiin ja kysymyksiin sekä pyrkii edistämään innovatiivisten toimintaympäristöjen kehittymistä sekä tuotteita että palveluita tuottavien yritysten kilpailu- ja toimintaedellytyksiä. Toiseksi osaamisalueella syntyvää tietoa tarvitaan "world-class"-tason asiantuntijoiden koulutuksessa. Osaamisalueen konkreettisia sovellusmahdollisuuksia voivat olla luovien ihmisten ja asiantuntijoiden sekä monialaisten työryhmien työn johtamisperiaatteet sekä innovaatiota tuottavien toimintaperiaatteiden ja -mallien luominen sekä toteuttaminen. Materiaalisemmillä tasolla innovatiiviset ja strategiset toimintamallit käynnistävät uudenlaista tieteenalat ylittävää yhteistyötä, jossa esimerkiksi muotoilun ja materiaaliolojen asiantuntijat jo innovaatioprosessin alkumetreillä palmikoivat yhteen omia näkemyksiään ja visioitaan. Vaihtoehtoinen tai jopa rinnakkainen osaamisalue tälle voisi olla nimeltään "Innovatiiviset ja strategiset toimintamallit".

Kuinka tukea monialaisia innovaatioprosesseja? Tehokkain tapa ehkä olisi koordinaattorivetoinen toimintamalli, jossa eri tutkimusalojen ja elinkeinoelämän toimijat lähtevät konkreettisella tasolla toteuttamaan erilaisia pilottiprojekteja. Toiminta edellyttää avarakatseisuutta ja riittävää taloudellista panostusta.

Materiaalikehityksen / tuotekehityksen, designin / tuotemuotoilun ja kaupallistamisen yhdistäminen jo aikaisessa vaiheessa ja siitä saatava lisäarvo

Tuotekehitys ja tuotemuotoilu sekä tuotteiden kaupallistaminen on nykyisissä toimintamalleissa pitkälti nähty toisiaan seuraavina, peräkkäisinä prosesseina. Teollisuuden ja elinkeinoelämän kannalta tämä on käy-

tännössä tarkoittanut, että materiaalikehityksen radikaalit tutkimustulokset ovat edenneet varsin pitkällä jäniteellä kaupallisesti hyödynnettäviksi. Mikäli jatkossa nyt peräkkäisinä toteutettuja kehitysprosesseja vietään enemmän rinnakkaisina, valmistava teollisuus voi yhä varhaisemmassa vaiheessa hankkia kilpailuetua uusilla tuotealueilla sekä markkinoilla. Prosessin myönteisen etenemisen näkökulmasta suomalainen materiaalitutkimus ja muotoiluosaaminen ovat avainasemassa.

Tuekseen materiaalien ja muotoilun tutkijat tarvitsevat uudenlaisia toiminta- ja rahoitusmalleja, jotka kannustavat tutkimusalat ylittäviin perus- ja soveltavan tutkimuksen hankkeisiin. Käytännön tutkimus- ja tuotekehitystyön kannalta lähtökohta voi toteutua esimerkiksi sellaisina tutkimushankkeina, jossa ryhdytään *jo visiotasolla* luomaan tuotekonsepteja sekä skenaariota *vielä tutkimuksen ja kehityksen alla* olevien materiaalien käytöstä ja hyödynnettävyydestä suomalaisessa perusteollisuudessa, valmistavassa teollisuudessa sekä elinkeinoelämän eri osa-alueilla.

Painettava elektroniikka

Painettavassa elektroniikassa käytetään materiaaleja, joilla on toivotut sähköiset ominaisuudet, mutta toisin kuin mikroelektroniikassa käytettävä pii, ne sopivat painokoneella painettavaksi erilaisille pinnoille. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi johtavat polymeerit. Tällainen elektroniikka on kustannustehokasta, joten se sopii esimerkiksi kertakäyttösovelluksiin. Myös lopputuotteen sijoittamisessa erilaisiin kohteisiin on uudenlaisia mahdollisuuksia (elektroniikkapiiri voi olla esim. tarra, jonka saa millaiselle tahansa pinnalle). Kiinnostava esimerkki on myös elektroninen paperinkaltainen näyttö. Nimenomaan tämäntapaisia täysin uusia sovelluksia odotetaan, eli painettava elektroniikka ei tule korvaamaan nykyistä piipohjaista elektroniikkaa.



Viime vuosina sekä uudentyypiset elektroniset ja optiset materiaalit (polymeerit, nanopartikkelit ja hybridimateriaalit) että uudet komponenttien valmistusmenetelmät (rullalta rullalle: syväpaino, offset, flexo, mustesuihku ja silkkipaino) ovat kehittyneet niin, että sekä passiivisia että aktiivisia elektroniikan komponentteja pystytään valmistamaan painamalla. Seuraavan kymmenen vuoden aikana elektroniikkapiirien integraatioaste ja suorituskyky paranevat tutkimuksen ja tuotekehittelyn avulla. Tämä osaamisalue liittyy läheisesti sekä elektroniikka- että paperiteollisuuteen, jotka ovat kansallisesti erittäin vahvoja toimialueita. Näiltä alueilta löytyy osaamista ja huomattavia pääomia, mikäli mittavia investointeja tarvitaan. Aihe voi olla merkittävässä roolissa elektroniikka- ja paperi/metsäteollisuuden uusiutumisessa eli se tuo näille sektoreille uusia sovelluksia, tuotteita ja tekniikoita. Mutta huomattava on, että myös täysin uudet sovellukset, jotka eivät suoraan sijoitu näille teollisuudenaloille, ovat mahdollisia: esimerkkinä mainittakoon painettava elektroniikka hyvinvointiteknologiassa tai tekstiiliteollisuudessa. Kaiken kaikkiaan paneeli piti tätä osaamisaluetta erittäin tärkeänä Suomelle, sillä siinä yhdistetään perinteisiä vahvuuksia uudella tavalla.

Painettavan elektroniikan avulla saavutetaan todella suuret tuotantomäärät ja kustannustehokkaat valmistusmenetelmät. Samoin voidaan käyttää joustavia ja edullisia substraattimateriaaleja, kuten paperia ja muovia. Kustannustehokkuuden takia painettu elektroniikka soveltuu erityisen hyvin päivittäistavarapakkauksiin, tuoteselosteisiin ja erityyppisiin painotuotteisiin. Esimerkiksi pakkausten ja tuoteselosteiden voidaan myös ajatella kommunikoivan vastaanottolaitteisiin (kuten kännykät) tai vaikkapa keskenään. Painettava elektroniikka on yksi mahdollistava tekniikka läsnä-äly-konseptissa.


Mahdollisuus tuottaa elektronisia komponentteja ja tuotteita painamalla jatkuvassa prosessissa synny-

tää uuden teollisuudenalan elektroniikan, paperinjalostuksen ja koneenrakennuksen risteyskohtaan. Elektronisten ja älykkäiden komponenttien kysyntä kasvaa globaalisti. Painettavalla elektroniikalla komponenttien ja tuotteiden hinnat saadaan huomattavasti halvemmiksi ja siten laajempaan käyttöön globaalisti. Sovelluskohteiden ja asiakkaiden määrä on suuri perinteisessä elektroniikkateollisuudessa. Lisäksi syntyy kokonaan uusia markkinoita uusien kohtuuhintaisten tuotteiden kautta, esimerkiksi elektroninen paperinkaltainen näyttö. Soveltajina voivat olla perinteiset elektroniikkayhtiöt tai jalostusastetta nostavat paperi- tai painoyhtiöt.

Nykyisessä piipohjaisessa elektroniikassa pakkaustiheys on noin sata kertaa suurempi kuin painotekniikalla tehtyjen komponenttien nykyinen pakkaustiheys. Painettavan elektroniikan pakkaustiheyttä on nostettava huomattavasti investoimalla materiaalitekniikan (nanomateriaalitekniikan) ja valmistusmenetelmien kehittämiseen. Lähinnä (puoli)johtavien polymeerien kehitys ja sitä seuraava laite- ja prosessikehitys mahdollistavat painettavan elektroniikan. Painettavan elektroniikan kehitysnäkymät riippuvatkin osin perustutkimuksen tulevista kehitysaskelista – lähinnä polymeerien mutta myös esimerkiksi uusien hiilimateriaalien aloilla – joihin aina luonnollisesti liittyy myös epävarmuutta.

Ensimmäisiä kaupallisia sovelluksia 2000-vuosikymmenen lopulta tai 2010-luvulta alkaen ovat esimerkiksi joustavat johdin- ja puolijohdepiirit, joustavat aurinkokennot, OLED-näytöt, joustavien näyttöjen ohjainkerrokset (matriisit) sekä erilaiset RF(ID)-sovellukset.

Painettavan elektroniikan painokoneiden laitevalmistuksessa ollaan maailmalla jo varsin pitkällä. Suomessa ei välttämättä ole kovin hyviä mahdollisuuksia merkittäväksi painokoneiden valmistajaksi tällä alalla. Sen sijaan vahvojen teollisuusalojen (elektroniikka ja paperi) osaamista ja pääomia yhdistämällä Suomi voi



saavuttaa merkittävän aseman painettavan elektronikan erilaisissa sovelluksissa.

Painettavan elektronikan kehittämisessä tarvitaan seuraavien tieteen- ja teknologia-alojen yhdistämistä: fysiikka, kemia, materiaalitiede, elektroniikka, koneenrakennus ja paperinjalostus. Osaamisalueen kehittäminen vaatii teollisuuden, VTT:n ja yliopistojen saumatonta yhteistyötä. Lyhyen tähtäimen tuotekehittely on jo nyt mahdollista ja tärkeää (teollisuus ja VTT). Kuitenkaan ei pidä unohtaa pitemmälle tähtäävää erikoiskomponenttien, kuten mikroprosessorien, sensoreiden ja muistimodulien, kehitystyötä (VTT ja yliopistot). Kehitystyön punainen lanka on miniatyrisointi.

Tällä hetkellä materiaalikehitystä tekevät lähinnä globaalit kemianyhtiöt ja alkuvaiheen prosessi- ja sovelluskehitystä globaalit teknologia-start-up-yhtiöt. On kehitettävä holistinen, kokonaisuuden kattava, osaaminen. Teknisillä yliopistoilla ja VTT:llä voisi olla mahdollisuus kokonaisuosaamisen synnyttämiseen.

Uudet pintatekniikat

Pinnoituksella parannetaan materiaalin suorituskykyä, kuten kulutuksen ja korroosion kestävyyttä, sekä kitkaominaisuuksia. Sillä voidaan vaikuttaa pinnan laatuun ja ulkonäköön. Perinteisten pintakäsittelyjen käyttäjiä ovat olleet metalliteollisuuden piirissä koneenrakennus-, konepaja- ja työvälinateollisuus sekä elektroniikkateollisuus. Pinnoitus on uusien pintatekniikkojen myötä muodostumassa yhä tärkeämmäksi alueeksi monilla teollisuudenaloilla, esimerkiksi elektroniikan ohutkalvoissa ja pakkauksissa, metalliteollisuuden pinnoilla, paperipinnoitteissa ja paperikoneissa. Uudet pintatekniikat tuottavat entistä parempia ominaisuuksia. Sen lisäksi voidaan tulevaisuudessa tuottaa pinnoitteilla tai pintarakenteilla täysin uudenlaisia ominaisuuksia sekä lisätä funktionaalisuutta. Näin avautuu aivan uusia mahdollisuuksia älymateriaalien kehittämiseen. Nanoteknologialta odotetaan tällä alu-

eella paljon. Uudet pintatekniikat voivat perustua sekä 1) uusiin pintamateriaaleihin, joiden ominaisuudet pintaan perustuvat niiden yleisiin ominaisuuksiin materiaaleina, että 2) kontrolloidusti, esimerkiksi kerroskerrokselta, pinnalle kasvatettuihin materiaaleihin, joiden pintaominaisuudet luodaan nimenomaan kontrolloidulla kasvatuksella.

Pinnoitus on perinteistä toimialaa. Elektroniikka- ja optiikkateollisuus, koneenrakennus-, konepaja- ja työvälinateollisuus, energia- ja kulkuväline- sekä rakennusteollisuus ovat merkittäviä pinnoitteiden käyttäjiä. Pintatekniikan ja pintakäsittelyjen merkitys tulee kasvamaan nopeasti lähitulevaisuudessa, ja uutta tietoa syntyy seuraavien kymmenen vuoden aikana mm. likaantumattomien, itsevoitelevien, antibakteeristen ja älykkäiden pintojen alueella.

Pinnoituksella pyritään yleensä pienentämään kitkaa ja kulumista, ehkäisemään korroosiota ja parantamaan tuotteiden ulkonäköä ja pinnanlaatua. Pintojen modifiointi antaa mahdollisuuksia lisätä merkittävästi tuotteiden elinikää sekä avaa täysin uusia mahdollisuuksia pintojen ominaisuuksien muokkaamiseen. Sitä voidaan hyödyntää mitä moninaisimmissa sovelluksissa, ja haasteena onkin fokusoida tutkimus- ja kehitystyö palvelemaan kotimaisen teollisuuden tarpeita. Osaamisen hyödyntäjiä on hyvin laajalla alueella, ja erityisesti nanoteknologialta odotetaan paljon. Energian tuotannossa, prosessiteollisuudessa, metallien ja metallituotteiden valmistajilla ja laitevalmistajilla on omat odotuksensa, samoin konepajateollisuudessa, infrastruktuurirakentamisessa sekä rakennusteollisuudessa.

Seuraavien 10 vuoden aikana uusia innovaatiota syntyy tuotteiden kestävyudessa ja luotettavuudessa, ulkonäössä, puhdistettavuudessa, elinkaarikustannusten pienenemisessä ja ympäristöystävällisyydessä. Pitemmän ajan kehitystrendinä tulee olemaan pinnoitteiden toiminnallisuuden lisääminen. Tämä voi tarkoittaa antureihin ja aistiviin materiaaleihin perustuvaa olo-



suhteiden, rakenteellisten ominaisuuksien tai ulkopuolisten ympäristötekijöiden seuranta. Materiaalit voivat reagoida ulkoisten olosuhteiden, kuten esimerkiksi lämpötilan, muutoksiin, kosteuteen, paineeseen, voimaan sekä magneetti- ja sähkökenttään. Naarmuuntumattomuus ja itsepuhdistuvuus ovat jo mukana eräissä sovelluksissa. Itsekorjautuvien pintojen kehittäminen avasi aivan uusia näköaloja tuotteiden elinkaarijännittelussa.

Korroosion- ja kulumisestopinnoitteet ovat tärkeitä rakennus-, kuljetusväline- ja prosessiteollisuudessa. Prosessiteollisuudessa ja energiantuotannossa vaaditaan uusia, entistä paremmin korroosiota ja korkeita lämpötiloja kestäviä materiaaleja ja pinnoitteita. Esimerkiksi paperikoneen telojen kulumiskestävyys- ja tartuntaominaisuuksia voidaan parantaa pinnoitteilla. Eksoottisemmista aloista mainittakoon lääketieteen implanttien vaatimat pinnoitteet. Useissa valmistusprosesseissa päästöjen vähentäminen on edellyttänyt aggressiivisempiin ympäristöihin (suljetut kierrot, korkeammat lämpötilat) siirtymistä, mikä asettaa materiaaleille ja pinnoitteille entistä suurempia vaatimuksia. Pinnoittaminen mahdollistaa normaalien hiiliterästen käytön kohteissa, joissa ne pinnoittamattomina syöpyisivät nopeasti. Sinkkivarojen ehtyminen edellyttää uusien seospinnoitteiden kehittämistä vähemmän aggressiivisiin olosuhteisiin, kuten rakennuksiin, infrastruktuurirakenteisiin, kuljetusvälineisiin sekä koneisiin ja metallituotteisiin.

Paksujen kalvojen pinnoitemateriaalina on perinteisesti käytetty metalleja, metalliseoksia ja oksideja. Ohuiden pinnoitteiden käyttö on lisääntynyt merkittävästi monissa teknisissä sovelluksissa (tietokoneiden kiintolevyt). Pinnoitustekniikkojen kehitys on mahdollistanut uusien pinnoitemateriaalien kehittämisen ja käytön. Ohutpinnoitemateriaaleina käytetään esim. nitridejä, karbideja ja timantinkaltaisia rakenteita, ja uusia on kehitteillä.

Pinnoitteet kehittyvät yhä ohuemmiksi, materiaalin määrä pienenee ja pinnoitteet parantavat siten myös tuotteiden ympäristöystävällisyyttä. Elektroniikkateollisuudessa pintakäsittelyllä voidaan vaikuttaa sähköiseen suojaukseen, korroosio- ja kulumiskestävyyteen, tuotteiden ulkonäköön ja likaantumattomuuteen. Elektroniikkateollisuus voi hyödyntää myös pintojen funktionaalisuutta, esimerkkinä uudet kuluttajaa potentiaalisesti miellyttävät toiminnot laitteiden kuorissa.

Uudet potentiaaliset pintatekniikat; esimerkkinä ALD

Ohutkalvojen kemiallisista valmistusmenetelmistä on ALD-menetelmä, (Atomic Layer Deposition) yksi tärkeimmistä. Alun perin Suomessa kehitetty ohutkalvojen valmistusmenetelmä on ollut teollisessa käytössä kahden vuosikymmenen ajan Planar Systemsin Espoon-tehtaalla litteiden elektroluminesenssinäyttöjen tuotannossa.

ALD-menetelmässä ohutkalvo kasvatetaan atomikerroksittain sen pinnalla tapahtuvien reaktioiden kautta. Lähtöaineina käytetään haihtuvia ja sopivan reaktiivisuuden omaavia yhdisteitä, jotka höyrystetään ja pulssitetaan reaktoriin vuorotellen. Oikein valituissa olosuhteissa pinnalla tapahtuvat reaktiot ovat itsekontroloivia, minkä ansiosta kalvo kasvaa tasaisesti hyvinkin laajoille ja monimutkaisien muotoisille pinnoille. Tästä äärimmäisenä esimerkkinä ovat hyvin huokoiset heterogeenisten katalyyttien kantajamateriaalit. Lisäksi kalvojen paksuuksia ja koostumuksia voidaan kontrolloida atomikerroksen tarkkuudella. Parhailaan lähes kaikki johtavat mikroelektronikan yritykset tutkivat aktiivisesti ALD-menetelmän sopivuutta tarpeisiinsa. Toisaalta menetelmälle voidaan löytää runsaasti myös muita potentiaalisia sovelluskohteita. Täten tarve uusien

ALD-prosessien kehittämiseksi eri sovellusten kanalta tärkeille materiaaleille on suuri.

ALD-menetelmää pidetään erityisen lupaavana tulevaisuuden mikroelektroniikan ohutkalvojen valmistusmenetelmänä, ja tällä hetkellä suurin mielenkiinto menetelmään kohdistuu piipohjaisen mikroelektroniikan piiristä. Menetelmä on jo tiettävästi teollisessa käytössä DRAM-muistien valmistuksessa, ja esimerkiksi Intelin odotetaan aloittavan menetelmän hyödyntämisen transistorien valmistuksessa 2007. ALD-menetelmällä on maassamme pitkät perinteet, ja Suomea pidetäänkin alan edelläkävijänä. Suomalainen ohutkalvotutkimus on maailmanlaajuisesti huippuluokkaa. Yrityspuolella laitevalmistajien lisäksi meillä on useampia toimijoita, jotka hyödyntävät ALD-menetelmää erilaisissa sovelluksissa tarjoten esim. pinnoituspalveluja.

Nanorakenteet

Nanoteknologia, esimerkiksi litografia ja uudemmat tekniikat, tarjoaa mahdollisuuksia uudenlaisten pintojen luomiseen nanorakenteilla. Nanomittakaavan kuviointi pinnassa reagoi voimakkaasti ja kontrollidulla tavalla esimerkiksi veden, lian tai valon kanssa. Nanorakenteiset pinnat voivat olla esimerkiksi likaa hylkiviä, valoa tietyllä tavalla heijastavia tai erityisen kulutuskestäviä. Nanorakenteiden käytöllä pinnoissa tulee olemaan suuressa mittakaavassa merkitystä, jos tällä hetkellä kehitysvaiheissa olevissa massavalmistukseen sopivissa nanorakenteiden valmistusmenetelmissä (esimerkiksi nanopainotekniikka) tapahtuu läpimurtoja.

Puun, biomassan ja muiden uusiutuvien raaka-aineiden monipuolinen ja korkeatasoinen hyödyntäminen

Metsät ovat maailman suurin biomateriaalin lähde, ja suomalainen metsien hoitoon ja hyödyntämiseen liit-

tyvä tutkimus, kehitys sekä teollisuus ovat maailman huippua. Öljyvarojen vähetessä metsien uudenlainen hyötykäyttö kasvaa niin materiaali- kuin energialähteenä. On ilmeistä, että tämän alan kehityksessä panelistien arvion mukaan Suomella voi ja tulee olla vahva, jopa johtava asema.

Puun hyödyntäminen materiaalien ja kemikaalien raaka-aineena

Öljyn hinnan rajut vaihtelut ja saannin epävarmuus ovat lisänneet tarvetta korvata fossiilisia raaka-aineita energian ja bulkkemikaalien tuotannossa ja hyödyntää siten myös paremmin metsätalouden jätemateriaaleja. "Biojalostamo-biotuotetehdas -konsepti" eli uusiutuvien raaka-aineiden, biomassan, hyödyntäminen nestepolttoaineiden, kemikaalien ja energian tuotannossa nähdään varteenotettavana keinona hillitä ilmastonmuutosta ja vähentää päästöjä. Öljyn hinnan nousun ja paperin hinnan laskun seurauksena biomassan hyödyntäminen tulee entistä kiinnostavammaksi ja yhä kilpailukykyisemmäksi.

On arvioitu, että jo 2050 puolet maailman energialähteistä perustuu uusiutuviin raaka-aineisiin. Biomassan lisääntyvä käyttö on merkittävä kestävä kehityksen mukainen, ympäristönäkökohdat huomioon ottava vaihtoehto polttoaineiden ja kemikaalien tuotannossa. Biomassapohjaisista sokereista on mahdollista valmistaa kemiallisesti tai biologisesti hyvin erilaisia peruskemikaaleja, kuten esim. 3-hydroksipropionihappoa, levuliinihappoa, glyserolia, sorbitolia ja ksylitolia.

Biopolttoaineiden, etanolin ja levuliinihapon valmistus

Puun kahdella pääkomponentilla, selluloosalla ja ligniinillä, on hyvä polttoarvo. Selluloosa voidaan pilkkoa sokereiksi ja "rakentaa" esimerkiksi etanoliksi tai muiksi alkoholeiksi. Etanolia ja muita lignosellu-



materiaaleista valmistettavia nestemäisiä biopolttoaineita tutkitaan Suomessa ja maailmalla yhä enenevässä määrin. Tärkeää on energiatihyden (joka puulla ei ole kovin hyvä) nostaminen. Etanolin lisäksi kannattaa huomioida esimerkiksi biodiesel, pyrolyysiöljyt (metsäjätteestä tehtyinä,) tai esimerkiksi. mustalipeän kaasutus.

Selluloosapohjaisesta biomassasta, paperi- ja selluteollisuuden jättemateriaaleista voidaan valmistaa muun muassa .levuliinihappoa, joka on erittäin monipuolinen peruskemikaali. Siitä voidaan valmistaa edelleen esim. metyylietrahidrofuraania (MTHF), bensiinin palamista edistävää lisäainetta, tai sitä voidaan esteröidä etyylilevulinaatiksi, jota voidaan käyttää dieselpolttoaineena.

Uudet kuitumateriaalit

Selluloosakemialla on pitkät perinteet Suomessa. Selluloosan modifiointi kemiallisesti monin tavoin, esimerkiksi esteröimällä, eetteröimällä, hapettamalla ja halogenoimalla, on tuttua tekniikkaa jo vuosikymmenien ajalta. Selluloosa-asettaatti, -nitraatti ja -ksantaatti olivat ensimmäisiä synteettisiä polymeerejä.

Biohajoavuutensa ja kompostoitavuutensa johdosta selluloosapohjaisilla sellofaaneilla on uusi tulevaisuus esimerkiksi pakkausteollisuudessa. Kirkas, läpinäkyvä sellofaani on jo löytänyt tiensä leipomotuotteiden kuluttajapakkausihin ja on siten korvaamassa perinteisiä raakaöljypohjaisia polyolefiineja.


Selluloosan lisäksi on myös huomioitava ligniinin uudet käyttömahdollisuudet esimerkiksi biomuovien tai liima-aineiden valmistuksessa.

Perinteisesti metsäteollisuus on keskittynyt selluloosan ja paperin tutkimukseen, tuotekehitykseen ja valmistukseen, eikä aivan uusien prosessien ja tuotteiden kehitykseen ole voimakkaasti panostettu. Metsät ovat maailman suurin biomassan lähde, ja nyt öljyn hinnannousun takia on syytä tutkia ja

kehittää metsän biomassalle uusia käyttökohteita tuotteissa ja energialähteenä. Tällainen linjaus on myös tehty Euroopan metsäteollisuuden yhteisesti valmistelemassa ehdotuksessa EU:n seitsemänneksi puiteohjelmaksi. Keskusteluihin on noussut ns. biojalostamokäsite (biotuotetehdas). Aihealue on kehitysvaiheessa, eikä suuren mittakaavan teollista tuotantoa ole. Yleisesti ottaen nämä uudet kehityssuunnat ovat merkittävä mahdollisuus sekä perinteisille metsä- ja paperiyhtiöille että uusille tulokkaille. EU:n puiteohjelmaehdotuksessa Euroopan metsäteollisuus on halunnut nostaa oman alansa tutkimuksen merkitystä, mistä voidaan päätellä, että merkittäviä satsauksia voidaan tehdä alalle tulevaisuudessa. Metsätieteiden ja puunjalostuksen tutkimusta ja kehitystä tulisi uudelleensuunnata näihin uusiin käyttökohteisiin. Uuden materiaaliteknikan tarjoamia mahdollisuuksia pitää hyödyntää paremmin, jotta suomalaisen puunjalostustekniikan ja liiketoiminnan kilpailukyky voidaan turvata ja jotta suomalainen liiketoiminta pystyy myös tulevaisuudessa vastaamaan markkinoiden ja toimintaympäristön muutospaineesiin.

Kustannustehokkaat ympäristöystävälliset terästuotteet

Teräs on maailman ylivoimaisesti tärkein konstruktiomateriaali. Teräksen vuosituotanto ylitti vuonna 2004 ensimmäisen kerran miljardin tonnin rajan. Teräs on myös selvästi kiertätetyin rakennemateriaali. Sitä voidaan käyttää uudelleen käytännössä rajattoman monta kertaa ilman, että ominaisuudet heikkenevät. Suomen terästeollisuus on kansainvälisesti hyvin kilpailukykyinen ja monilta osin pitkälle erikoistunut. Tämä tukee paikallista konepaja- ja metallituoteollisuutta paitsi mahdollistamalla nopeat ja täsmälliset toimitukset, myös esimerkiksi tarjoamalla tehokasta paikallista teknistä tukea sekä kilpailukykyä parantavia erikois-



tuotteita. Materiaalin toimittajien yhteistyö asiakkaiden kanssa on myös olennainen osa näiden innovaatioprosessia.

Keskeisiä panostuskohteita valssattujen sekä pinnoitettujen hiiliterästuotteiden käyttösovelluksissa ovat konepajateollisuus sekä pitkälle kehitettyihin tehdasvalmisteisiin ratkaisuihin perustuva rakennusteollisuus. Kehitettävät uudet liiketoiminnot toimivat myös lukuisten alihankintayritysten vetureina ja avaavat kehitys- sekä vientimahdollisuuksia partnerina toimivalle pk-yritysverkostolle. Osa alihankkijoista tulee kasvamaan ja olemaan merkittäviä toimijoita tulevaisuudessa. Suomessa on maailman tehokkaimmat ruostumatomien terästen tuotantolaitokset. Kulutuksen kasvun lisäämiseksi tavoitteena on löytää perinteisten ruostumattomien terästen käyttöalueiden ulkopuolelta merkittäviä uusia sovellusalueita auto- ja kuljetusväline-, koneenrakennus- sekä rakennusteollisuudessa. Uusia sovelluksia saadaan esimerkiksi, kun käytetään lujia teräksiä tai valinnan tukena elinkaarikustannuslaskelmia. Kotimaiset komponentteja ja lopputuotteita valmistavat yritykset pystyvät nopeasti hyödyntämään kehitettyjä ratkaisuja. Näin ne saavat kilpailuetua uusista tuoteinnovaatioista. Suomessa on myös esimerkiksi pulverimetallurgian alueella liiketoimintaa, joka tukee konepajateollisuuttamme tiettyjen erikoiskomponenttien valmistuksessa.

Kriittisiä osa-alueita teräksen valmistusprosessien kehityksessä on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen. Valmistuksen ja käytön aikana energiaa ja luonnonvaroja säästävät lujat ja ultralujat teräkset edellyttävät erittäin hyvää prosessimetallurgian, kuuma- ja kylmävalssaus- sekä lämpökäsittelyprosessien hallintaa.

Komponenttien ja lopputuotteiden suunnittelussa ja valmistuksessa suuri lujuus ja kovuus sekä alhaisempi muovattavuus ja hitsattavuus aiheuttavat tarvetta lujuus- ja väsymismitoitus- sekä valmistustekniikoiden kehitykseen.

Uudet päästöt vähentävät pelkistysteknologiat, sulametallurgia sekä kuuma- ja kylmävalssausprosessit ovat teräksen valmistusprosessien keskeisiä tutkimuskohteita. Seostuksen suunnittelu ja tuoteominaisuuksien mallintaminen ovat olennaisia pyrittäessä entistä vaativampiin ja tasalaatuisempiin lopputuotteisiin. Konstruktioiden suunnittelun avuksi tarvitaan entistä kehittyneempiä teräksen ominaisuusmalleja mukaan lukien muovattavuus, koneistettavuus, hitsattavuus, lujuus, väsymiskestävyys ja korroosion- sekä syöpmiskestävyys. Valmistustekniikan keskeisimpiä kehityskohteita ovat uudet muovaus-, työstö-, liittämisen- sekä pinnoitus- ja pintakäsittelytekniikat.

Biomimeettiset materiaalit

Biologinen ja biomimeettinen materiaalitiede tarkoittaa pyrkimystä toiminnallisten, ohjattavien ja kommunikoivien materiaalien aikaansaamiseksi siten, että jäljitellään biologisten materiaalien rakennetta ja toimintoja muita materiaaleja käyttäen. Toisin sanoen: mitä materiaalitiede voi oppia biologisista materiaaleista? Mitä esimerkiksi proteiinien, polypeptidien, DNA:n, RNA:n, solukalvojen, luiden ja hampaiden rakenne ja toiminta voivat tarjota biokemian ulkopuolella materiaalitieteessä: reseptejä ja ideoita toiminnallisiin, ohjattaviin ja kommunikoiviin materiaaleihin, jotka perustuvat itsejärjestymiseen ja kompleksien muodostumiseen. (Huom. Tällä ei tarkoiteta ns. biomateriaaleja¹.)

1 Nykyisin käytössä oleva termi "biomateriaali" tarkoittaa esimerkiksi erilaisia synteettisiä metallisia tai polymeerisiä bioyhteensopivia ja biohajoavia materiaaleja, joita voidaan lisätä kudokseen ilman että syntyy hylkimisreaktio.



Tyypillistä biologisille materiaaleille on, että ne spontaanisti muodostavat nano- ja mikroskaalan rakenteita, jotka reagoivat ympäristön signaaleihin ja olosuhteiden muutokseen. Biologiset materiaalit koostuvat suurelta osin proteiineista, nukleiinihapoista ja pinta-aktiivista lipidimolekyyleistä sekä eräistä epäorgaanisista materiaaleista. Ne osaavat käyttää ulkoista energiaa tarvittaessa (ns. ATP-ADP-sykli). Biologiset materiaalit ovat todennäköisesti jossain määrin ”tehoakas” tapa toteuttaa kyseinen toiminta, koska niiden toiminta on evoluution kautta kehittynyt miljardien vuosien aikana. Näitä ominaisuuksia pyritään hyödyntämään biomimeettisissä materiaaleissa.

Biologisten materiaalien toiminnallisuus perustuu niiden tarkkaan synteisiin, jossa keskenään yhteensopivat ja toisiaan hylkivät kemialliset ryhmät on tarkasti syntetisoitu. Synteesi käyttää geneettisiä menetelmiä. Kemiallinen synteesi ei pysty samaan tarkkuuteen – esimerkiksi parhaat kemialliset polymeerien synteetit ovat hyvin karkeita edellä mainittuihin verrattuna. Biologisten materiaalien ainutlaatuisuus perustuu seuraaviin seikkoihin: 1) Tarkka synteesi, 2) Itsejärjestyneet nano- ja mikroskaalan rakenteet, 3) Toiminnallisten ja ”toisiinsa loksahavien” kemiallisten ryhmien käyttö (”molekulaarinen LEGO”), 4) Signaali ulkomaailman kanssa, 5) Toiminnallisuus ja ohjattavuus.

Biomimeettisten materiaalien tutkimus vaatii ehdottomasti poikkitieteellisyttä: toisaalta perinteisten materiaalien tuntijoita, joiden on opittava näkemään mahdollisuudet oppia biologisista materiaaleista, ja toisaalta biokemistejä, joiden tulisi tarkastella biokemian materiaaleja yleisesti materiaalitieteen kannalta. Biologinen materiaalitiede yhdistää biokemian, kemian, fysiikan, mallinnuksen, lääketieteen ja elektroniikan ja on osa nanotiedettä.


Biomimeettisten materiaalien tutkimukseen panostetaan erityisesti Yhdysvalloissa ja Japanissa. Sovellusmahdollisuudet ovat toistaiseksi varsin spe-

kulatiivisia: biosensorit, ohjattu kantasolujen kasvatusta, molekyylielektroniikka, ultrasensitiiviset anturit, älykkäät pinnoitteet, näytöt, ohjattavat membraanit suodattamiseen, kudokasvatusalustat, hermoratojen korvaus ja kytkeminen tietokonesysteemeihin sekä ”biointerface”, joka voisi mahdollistaa aistivammaille uusia hoitoja. On odotettavissa, että ainakin alkuvaiheessa biomimeettiset materiaalit ovat kalliita. Suomen kannalta on kuitenkin pikemminkin lupaavaa työskennellä vähäisinä määrinä käytettävien erikoismateriaalien kehittämiseksi, kun bulkkimateriaalien tuotantoa tulevaisuudessa yhä enemmän siirretään lähemmäksi markkinoita. Jos biomimeettisiä materiaaleja kehitetään erityisratkaisuihin, ne voivat mahdollistaa pk-tuotannon. Tällaiset materiaalit voivat olla osa Suomen high-tech pk-teollisuutta, joka yhdistää Suomen olemassa olevan ja nousevan korkean bioteknisen ja elektroniikan teollisuuden uudella tavalla.

Tämä osaamisalue on tällä hetkellä puhtaasti perustutkimusvaiheessa, ja lyhyellä tähtäimellä sitä on kehitettävä perustutkimuksen kautta. Aihepiiri on poikkitieteellistä ja poikkiteknologista. Tieteellisessä (yliopisto)ympäristössä poikkitieteellisiä asiantuntijoita on jo kasvamassa. Pidemmällä tähtäimellä tarvitaan uutta, poikkitieteellisyttä hyödyntävää teollisuutta. Tällaista subventoidaan julkisin varoin mm. Yhdysvalloissa ja Japanissa. Koska on kyse täysin uudesta teollisuudesta, se ei myöskään Suomessa todennäköisesti nouse ilman yhteiskunnan subventiota.

Uudet hiilimateriaalit

Hiili on mielenkiintoinen materiaali, jolla eri muodoissaan on äärimmäisiä ominaisuuksia, esimerkkinä timantti. Toinen ”vanha” hiilimateriaali on grafiitti, jota käytetään esim. lyijykynän ”lyijynä”. Uusilla hiilimateriaaleilla tarkoitetaan fullereeneja (nanokokoinen hiilipallo), hiilinanoputkia (mikro- tai millimetriluokan putki, joka on halkaisijaltaan nanometrejä), sekä grafiinia



(kaksidimensioinen atomikerroksen ohut hiililevy). Näissä materiaaleissa hiiliatomit ovat järjestäytyneet erityisillä tavoilla, joista seuraa tiettyjä, usein hyvin poikkeuksellisia materiaaliominaisuuksia.

Fullereenit löydettiin 1980-luvulla. Kyseessä oli pitkälle 1990-luvulle saakka lähinnä tieteellisesti merkittävä löytö (mm. Nobelin palkinto) ilman sovelluksia. Tilanne muuttui 1991 tapahtuneen hiilinanoputkien löytämisen jälkeen. Hiilinanoputkilla on useita hyödyllisiä ominaisuuksia, kuten suuri vetolujuus (20 kertaa parempi kuin teräs) yhdistettynä suureen sitkeyteen, hyvään lämmön- ja sähköjohtavuuteen, hyvään rakenteelliseen stabiilisuuteen sekä ympäristöstävällisyyteen.² Hiilinanoputkia on tutkittu aktiivisesti 1990-luvun ajan, ja erityisesti 2000-luvulla tutkimus on nanotieteen yleisen kasvun myötä laajentunut valtavasti. Viime vuosina on löydetty myös grafiini, jolla on erityisiä sähköjohtavuusominaisuuksia, mutta sen tutkimus on vielä marginaalista hiilinanoputki/fullereenitutkimukseen verrattuna.

Hiilinanoputkien pääasialliset sovelluskohteet ovat todennäköisesti komposiittimateriaalit ja elektroniikka. Hiilimateriaaleihin liittyy suuria odotuksia: niiden merkitys voi olla periaatteessa mullistava, jopa ”siirtymisen piikaudesta hiilikauteen”, mutta odotusten toteutumista on vaikea ennustaa.

Hiilinanoputkia tullaan käyttämään seuraavien kymmenen vuoden aikana komposiittimateriaalien kehittämiseen. Mekaanisten ominaisuuksiensa vuoksi hiilinanoputkista on ennustettu tulevaisuuden lujitemateriaalia komposiitteihin. Tällä hetkellä moniseinämaisillä hiilinanoputkilla on polymeerikomposiiteissa saavutettavissa jonkin verran parempia ominaisuuksia kuin perinteisillä hiilikuiduilla. Yksiseinämaisillä nano-

putkilujitteilla komposiitin lujuuden arvioidaan kasvavan vähintään kaksinkertaiseksi hiilikuitulujitettuun komposiittiin verrattuna. Hiilinanoputkilla voidaan räätälöidä myös muita komposiittimateriaalien ominaisuuksia (sähköjohtavuus ja lämpöominaisuudet).

Pidemmällä aikavälillä hiilinanoputkista valmistetaan sensoreita (esimerkiksi kemiallisia) ja elektroniikan komponentteja, jotka soveltuvat mm. älykkäiden materiaalien räätälöintiin. Esimerkiksi sensoritoimintoja varten hiilinanoputkia voidaan funktionalisoida erilaisilla molekyyleillä. Hiilinanoputkia on suunniteltu käytettävän myös tietokoneiden ja muun elektroniikan muistikomponentteina, ja Yhdysvalloissa on tähän sovellukseen liittyen start-up-yrityksiä. Hiilinanoputkien käyttö sensoreina saattaa tulla kysymykseen jo 2015 mennessä. Elektroniikan komponenttien valmistus alkanee vasta 2015 jälkeen. Tosin mainitut start-up-yritykset mainostavat myyvänsä muistikomponentteja jo puolentoista vuoden päästä. Aikaskaalat riippuvat paljolti siitä, käytetäänkö lopulta elektroniikassakin hiilinanoputkimateriaalia vai yksittäisiä putkia, sekä valmistustekniikoiden kehitymisestä (esimerkiksi pystytäänkö valmistamaan kontrolloidusti vain puolijohtavia tai vain metallisia hiilinanoputkia).

Fullereeneja tai vastaavia nanohiukkasia on kaavailtu käytettäväksi esimerkiksi voiteluaineissa. Muun muassa Israelissa on tähän liittyviä start-up-yrityksiä (epäorgaaniset nanohiukkaset, ei fullereenit).

Suomessa on jo jonkin verran hiilinanoputkien valmistukseen ja karakterisointiin liittyvää perusosaamista. Soveltavalla puolella toimintaa on varsin vähän.

Hiilinanoputkien sovellettavuuden avainkysymys on, saadaanko kehitettyä kontrolloituja valmistustapoja. Toistaiseksi hiilinanoputkia ei pystytä valmistamaan

2 Yksittäisen hiilinanoputken teoreettinen lujuus voi olla jopa 100-kertainen teräkseen nähden. Erolla ei sinänsä ole suurta merkitystä, koska käytännössä lujuus hiilinanoputkista valmistetussa komposiitissa on vain murto-osa tästä, esim. 2 mikrometrin nanoputkiköydellä on saavutettu 1700 MPa, joka on noin kaksinkertainen lujin teräsiin nähden. Toki löytyy teräslankoja, joiden lujuus on yllämainittuun lukuun verrattuna kaksinkertainen.



kaupallisesti merkittäviä määriä. Hyvälaatuinen yksiseinämäinen nanoputki maksaa tällä hetkellä 200–300 USD grammalta. Valmistusvolyymien huomattavaan lisäämiseen ei ole tiedossa mitään tieteellistä tai teknistä estettä. Hiilinanoputkien sähkönjohtavuusominaisuudet (johde/puolijohde) riippuvat siitä, miten atomien heksagonaalinen rakenne on järjestäytynyt putken pituussuuntaan nähden. Tällä hetkellä sähköisten ominaisuuksien räätälöintiä ei vielä hallita, mutta seuraavien 10 vuoden kuluessa jopa erilaisten heksagonaalisten rakenteiden täsmävalmistus onnistunee. Sen jälkeen avautuvat hiilinanoputkille entistä laajemat käyttömahdollisuudet antureissa, komposiiteissa ja älykkäissä materiaaleissa. Myös hiilinanoputkien, fullereenien ja grafiinimateriaalien yhdistelmistä saatavaa löytyä yllättäviä ja sovelluskelpoisia ominaisuuksia. Mm. Saksassa on yliopistojen ja Philipsin yhteistyönä kehitetty jo varsin pitkälle mahdollisuutta yhdistää uusia hiilimateriaaleja biologisiin materiaaleihin.

Uusien hiilimateriaalien perustutkimus on jo hyvin pitkällä. Suomen on liian myöhäistä lähteä laaja-alaisesti perustutkimukseen mukaan, mutta pienellä panoksella myös tarkoin valituilla perustutkimuksen aloilla kannattaa olla mukana, koska niistä saattaa löytyä mm. uusia fysikaalisia ilmiöitä. Korkeatasoisen perustutkimuksen parissa koulutetaan näiden uusien materiaalien huippuasiantuntijoita yritysten tarpeisiin. Kehityksen seuraaminen ja alaa tuntevien työntekijöiden palkkaaminen on erittäin tärkeää monille teollisuuden sektoreille, esimerkiksi elektroniikka-alalle. Uusien hiilimateriaalien sovelluksissa Suomi voi olla vahva, ja maan tulisikin valita sopivia niche-aloja, joista kehitetään uusia sovelluksia. Hiilimateriaaleilla voi olla merkitystä mm. painettavassa elektroniikassa. Samoin pintatekniikat yleensä saattavat hyötyä hiilimateriaalien kehityksestä, joka kenties mahdollistaa pintojen erikoisominaisuuksia. Periaatteessa on mahdollista jopa, että hiilimateriaalit syrjäyttäisivät osin piipohjaista elekt-


roniikkaa, jolloin myös sen valmistuksen jakautuminen maailmassa voisi muuttua. Tämä on Suomelle mahdollisuus. Skenaario on kuitenkin epävarma, koska myös piipohjainen elektroniikka kehittyy jatkuvasti.

Hiilinanoputkia tutkitaan erittäin paljon maailmalla. Johtavissa tiedelehdissä *Naturessa* ja *Sciencessä* on lähes viikoittain artikkeleita hiilinanoputkiin liittyen. Perusominaisuudet on siis jo kartoitettu. Tutkimuksessa tulisi keskittyä edistyneempään ominaisuuksien kartoittamiseen ja karakterisointiin, uusiin ja parempiin (massa)valmistusmenetelmiin sekä erityisesti sovelluksiin, joissa kenttä on hyvin laaja ja on mahdollista löytää alueita, joita ei ole vielä kartoitettu. Näin löydetään mahdollisuuksia omiin tuotteisiin. Tutkimus on lähitulevaisuudessa yliopistovetoista, mutta loppukäyttäjien ja sovelluksista kiinnostuneiden yritysten mukanaolo alusta lähtien on tärkeää.

Poikkitieteelliset ja -teknologiset sovellukset terveysteknologiassa

Poikkitieteellisillä ja -teknologisilla sovelluksilla terveysteknologiassa tarkoitetaan tässä biomateriaalien, elektroniikan ja viestinnän yhdistäminen laitteiksi, jotka voidaan sijoittaa esimerkiksi ihmiskehoon tai sen lähelle monitoroimaan toimintoja tai vaikuttamaan niihin. Laitteet myös kommunikoivat ympäristön kanssa sekä välittävät keräämänsä tiedon haluttuun paikkaan tai antavat käskyt toisille laitteelle. Esimerkiksi sydämentahdistin yhdistää biomateriaaleja ja elektroniikkaa. Täsmätyyppisiin sovelluksiin pyritään tässä osamisalueessa yhdistämään myös viestintää. Esimerkkeinä esitellään terveydentilan etämonitorointi, elimistössä tiettyä funktiota suorittavat laitteet, kudiskasvatusteknologia sekä painettava elektroniikka haavanhoidossa.

Suomalaisten yritysten hallussa on korkeatasoista osaamista ja teknologiaa, joita hyödynnetään jo tehokkaasti niille ominaisilla sektoreilla. Esimerkkeinä voi-



daan mainita Nokia, Polar, Suunto ja muut alan yritykset viestinnässä ja elektroniikassa, biomateriaaliyritykset implantologiassa, lääkeyritykset omalla sarallaan ja paperiteollisuus omallaan. Näitä teknologioita voi hyödyntää yhdistelemällä näitä osaamisalueita uusilla tavoilla ja täysin uusille liiketoiminta-alueille. Joitakin esimerkkejä vastaaventyypisistä laitteista löytyy tutkimusmaailmasta ja markkinoilta.. Sydämentahdistin ja implantoitava kuulokoje ovat malleja laitteista, joissa on jo pitkään käytetty materiaalien erikoisominaisuuksia sekä elektroniikkaa yhdessä. Uudet kehityssuunnat vahvistaisivat olemassa olevien yritysten liiketoimintaa laajentamalla niiden hallussa olevien teknologioiden käyttöä alueille, jonne yritykset eivät ehkä muuten liikkuisi. Samalla vastattaisiin Kiina-ilmion haasteisiin luomalla uusia high-tech-tuotteita aloilla, joilla perinteisten materiaalien kilpailu kovenee.

Samalla tavalla yhdistelemällä on mahdollista kehittää useita uusia, ennen näkemättömiä ratkaisuja lääketieteen sovellutuksiin. Esimerkkinä on painettavan elektroniikan soveltaminen vaikkapa haavanhoitossa ja transdermaalisessa lääkeaineannostelussa. Sensorien ja elektrodien yhdistäminen implantoitaviin laitteisiin – yhdessä langattoman tiedonsiirron ja viestintäteknologian sekä biomateriaalien uusien ominaisuuksien hyödyntämisen kanssa – mahdollistaa periaatteessa jo nyt kaksisuuntaisen viestinnän kudoksien kanssa ja paranemisprosessien ohjauksen tavalla, joka muuttaa lääketieteen hoitotapoja tehokkaampaan, turvallisempaan ja ihmisystävällisempään suuntaan. Etähoito mahdollistuu monissa sairauksissa, koska lääkäri voi seurata suoraan omalta monitoriltaan potilaan tilaa reaaliajassa. Vastaavasti lääkäri voisi annostella potilaan lääkitystä, koska sensorien tuottama informaatio olisi täysin riittävää diagnoosin tekemiseen. Yhteiskunnalle koituisi kokonaissäätöjä.

Kudoskasvatusteknologia on tällä hetkellä vaiheessa, jossa periaatteessa yksinkertaisia materiaaleja käy-

tetään kasvatusalustoina sekä kasvatettujen solukkojen siirtoalustoina implantoinnin yhteydessä. Näissäkin sovelluksissa voitaisiin hyödyntää sensoritekniologiaa, miniatyrisoitua elektroniikkaa ja langatonta viestintää siirretyn kudoksen toiminnan seurantaan ja ohjaamiseen. Pakkausteollisuudessa on jo käytössä älykkäitä materiaaleja, joiden avulla elintarvikkeiden kuntoa voidaan seurata. Vastaavia sovelluksia lääketieteen laitteiden paketointiin voisi myös kuvitella.

Tämän osaamisalueen yhteydessä (tosin liittyen hyvin moniin muihinkin teknologioihin) voitaisiin myös tutkia energian saantiin, varastointiin jne. pienessä mittakaavassa liittyviä kysymyksiä, vision kaltaisena esimerkkinä sokerin käyttö tulevaisuuden antureiden energialähteenä, ja niin edelleen.

Osaamisalueessa tarvitaan poikkitieteellistä ja poikkiteknologista lähestymistä seuraavilta aloilta: biomateriaalit, elektroniikka, viestintä, ohjelmointi, automatiikka, lääketiede ja biologia. Yhdistelmäteknologioiden identifiointi ja kehittäminen luovat mahdollisuuden uusille kehityssuunnille, joissa kilpailua maailmalla ei vielä suuressa mittakaavassa ole. Yhdistelmäteknologian kehittämisessä on myös usein pienemmät riskit kuin täysin uuden teknologian kehittämisessä. Toiminta johtaisi suurella todennäköisyydellä uusien yritysten perustamiseen, koska olemassa olevat yritykset todennäköisesti eivät muuntaisi fokustaan niin paljon, että ne kattaisivat uudet liiketoiminta-alueet. Tämä osaamisalue voisi hyödyntää suomalaista korkeatasoista perustutkimusta sekä bio- että materiaaliopuolella (elektroniikka, viestintä); suorien teknologiasovellusten lisäksi voitaisiin ajatella myös perustutkimuspainotteista lähestymistä, jossa haetaan täysin uusia konsepteja yhdistämällä biotietämystä ja esim. uusia hiilimateriaaleja tai biomimeettisiä materiaaleja. Tämä osaamisalue myös laajentaa biotutkimuksen sovelluskenttää.

Poikkitieteellisen ja poikkiteknologisen osaamisen ja yhteistyön luominen on keskeistä. Joillakin alueilla



voisi ajatella jopa eri oppiaineiden yhdistelmätkintoja, jotka toimisivat silloittavina osajina. Erityisen arvokkaita alalle ovat henkilöt, joiden ymmärrys on laajentunut käsittämään koko ketjun materiaalien ominaisuuksista aina potilaiden ja markkinoiden tarpeisiin saakka.

Fotoniikan materiaalikehitys


Fotoniikalla tarkoitetaan tässä valon ja optisten komponenttien käyttöä eri toiminnoissa, kuten informaatioteknologiassa (tiedon siirto ja käsittely), mittauksissa, prosessien valvonnassa, laitteiden valmistuksen sovelluksissa, lääketieteessä jne. Fotoniikan merkitys on kasvussa: se tulee osittain korvaamaan elektroniikkaa useissa teknologioissa, ja valon ja sähköön hyviä puolia tullaan yhdistämään. Materiaalikehityksellä on oleellinen osa fotoniikan kehityksessä.

Laserin keksimisestä 1960-luvulta lähtien fotoniikka ja optiikka ovat löytäneet yhä uusia sovellutuksia. Suurelle yleisölle laser on tuttu mm. CD-soittimista, viivakoodinlukijoista ja lääketieteen sovelluksista. Fotoniikan suurin yksittäinen yhteiskunnallisesti merkittävä sovellusalue lienee kuitenkin optinen tietoliikenne, joka mahdollistaa internetin. Valoa käytetäänkin yhä enemmän tiedon välitykseen – internetin lisäksi muun muassa autoteollisuudessa. Valon käyttöä tietokoneissa koneen sisäiseen tiedonvälitykseen tutkitaan, koska valon nopeus on suurin luonnonlakien sallima nopeus ja mahdollistaa huomattavasti nopeamman tiedonsiirron kuin esimerkiksi elektroniikka. Tiedon prosessoinnissa fotoniikka ei kuitenkaan nykyisellään ole yhtä tehokasta kuin elektroniikka. Elektroniikan ja fotoniikan hyviä puolia yhdistäviä ratkaisuja kehitetään jatkuvasti tutkimuksessa ja tuotekehityksessä.

Suomessa on alan vahvaa osaamista useammassa yliopistossa, ja sen ennakoidaan pysyvän vahvana. Tutkimuksesta on syntynyt uutta tuotannollista teollisuutta (diodilasereiden ja kuitulasereiden valmistusta,

nikkelipainolaattojen valmistusta kuumapainantaan, rullalta-rullalle painantaan ja mikroruiskuvaluun), joka on luonut uusia työpaikkoja. Fotoniikka on lupaava ala uuden pk-teollisuuden ja palveluntarjoajayritysten syntymistä ajatellen, vaikka alan suurteollisuutta ei Suomessa ole. Varsinkin fotoniikan sovellusten monipuolistuessa näkymät uusien tuotteiden syntymiselle ovat hyvät. Teknologiansiirto akateemisesta tutkimuksesta yrityksiin on tällä alalla Suomessa erittäin hyvin toimivaa. Alan kehittyessä ja kasvaessa merkittäväksi muodostavat suuret komponenttien tuottajat uhkan kotimaisille pienille yrittäjille. Teollisuuden tarvitsemat fotoniikan komponentit voidaan helposti ostaa ulkomailta, jolloin kotimaisen tuotannon työllistävä vaikutus jää kohtalaisen pieneksi. Toisaalta näiden komponenttien suunnittelu ja valmistus vaativat erityisosaamista, ja siksi tuotteiden ja laitteiden, kuten diodi- ja kuitulasereiden teollinen valmistus kasvaa ja tuotantolaitokset pysyvät pääosin Suomessa. Tämä on realistista, koska se on jatkumoa hyvässä kasvuvauhdissa olevalle alalle. Toisaalta voidaan nähdä, että esim. laser-osaaminen voi nousta teollisesti merkittävämmäksi kuin itse lasereiden valmistus.

Laserosaamisen ja tuotannon lisäksi pitkäaikainen modernin optiikan perustutkimus on tuottanut Suomeen korkeatasoista aalto-optiikan ja spektrivärioptiikan osaamista, jonka ympärille on alkanut syntyä yritystoimintaa, alan palvelujen tarjontaa ja alkavaa tuotantoa. Mikro- ja nanorakenteilla voidaan valolähteelle tuottaa halutut optiset toiminnot, jolloin jopa yksi pieni elementti voi aikaansaada useampia optisia toimintoja. Optisten elementtien pieni koko ja keveys mahdollistavat tehokkaan pakkaamisen. Yksityiskohtat, jotka ovat pienempiä kuin valon aallonpituus, voivat parantaa myös tuoteturvallisuutta. Sovelluksia ovat mm. taustavalosovellukset, turvamerkinnot, sensoriteknologia, optinen tietoliikenne, heijastamattomat pintarakenteet ja dekoratiiviset rakenteet. Esimerkkinä dif-



fraktiivisen optiikan sovelluksista mainittakoon prototyyppiasteelle ehtinyt kiiltomittari, jolla pystytään mittaamaan pinnan laatu ja kiilto myös monimuotoisilta pinnoilta. Tällaisella sovelluksella on suuret mahdollisuudet kansainvälisillä markkinoilla esimerkiksi metalli-, paperi-, paino- ja autoteollisuudessa.

Fotoniikassa käytettäviä uusia, lupaavia materiaaleja ovat ultraohuet eristekalvot ja nanorakenteisten materiaalien sovellukset III-V-heterorakenteisiin sekä esimerkiksi mikrorakenteiset materiaalit optisissa kuiduissa, diffraktiiviset nanorakenteet ja funktionalisoidut polymeerit. Nanoteknologian kehitys on avannut uusia reittejä valmistaa hybridimateriaaleja, joilla on sekä optisia että sähköisiä ominaisuuksia. Esimerkiksi puolijohdekvanttipeiteitä seostamalla polymeerimateriaaleihin voidaan myös tuottaa fotorefraktiivisia polymeerimateriaaleja. Tällaisia materiaaleja ja muita funktionalisoituja polymeerimateriaaleja voidaan käyttää optoelektronikan sovelluksissa, kuten aurinkokennoissa, sekä fotorefraktiivisuuteen perustuviissa holografisissa muisteissa, optisessa diagnostiikassa, valo-ohjatussa ja valoaktivoitussa terapiassa, sekä energian tuotannossa.

Tällä osaamisalueella yliopistotutkimuksen tuloksia on onnistuttu kaupallistamaan erinomaisesti, ja uusia yrityksiä on syntynyt. Tämän toiminnan jatkuvuus ja edellytykset on turvattava.

Elektronikan materiaalikehitys

Tähän osaamisalueeseen luetaan sekä perinteisen mikroelektronikan lähitulevaisuuden kehitys kohti pienempiä mittakaavoja – esimerkiksi uusia materiaaleja käyttäen – että vaikeammin ennustettava kehitys, joka liittyy täysiin uusiin elektronikan ratkaisuihin, kuten molekyylielektronikkaan tai kvanttielektronikkaan.

Koska painettava elektroniikka on käsitelty omana osaamisalueenaan, se on jätetty pois tästä.

Mikro- ja nanoelektronikan trendinä jatkuu pakkaustiheyden kasvu. IC-piirit ovat pienentyneet jo vuosikymmeniä Mooren lain mukaan. Pakkaustiheys (ja sen mukana piirin tehokkuus) kaksinkertaistuu puollessatoista vuodessa, ja samalla piirin hinta puolittuu. Tämä kehitys jatkuu vielä useita vuosia, mutta ensimmäiset muutokset ovat jo näkyvissä: seuraavan sukupolven piireissä täytyy kasvattaa tehoa paitsi pakkaustiheydellä, myös rinnakkaistamisella. Mooren laille on nähtävissä fysiikan lakien asettamat rajat, joiden saavuttaminen nykyvauhdilla veisi noin kymmenen vuotta.

Integraatioasteen nousu ja toimintojen monipuolisuus on toinen merkittävä kehitystrendi. Passiivikomponentteja integroidaan, eli IC-piirien rinnalle tulevat integroidut passiivipiirit. Eri teknologioita yhdistellen tehokkaasti samalle alustalle. Elektroniset, optiset ja mikroelektromekaaniset komponentit (MEMS) liitetään järjestelmään tilaa säästävästi. Laitteiden kurotetaan aktiivikäyttöön. Miniatyrisointitrendi lisää laitteiden toiminnallisuutta, pienikin laite sisältää tietokoneen ja aistit (antureita).

Ainakin lähimmän kymmenen vuoden aikana tärkeimpänä mikroelektronikan puolijohdemateriaalina säilyy edelleen pii, mutta komponenttien pienentyminen vaatii piiteknologialta uusiutumista.³ Piidioksidi ei enää kelpaa eristeeksi, vaan tarvitaan esimerkiksi hafniumksidia. Kasvattamista atomikerroksen tarkkuudella (esimerkkinä ALD-teknologia) vaaditaan. Metallijohdotimet pitää myös saada piireissä entistä pienempiin dimensioihin, mikä edellyttää materiaali- ja laiteteknistä kehitystä. Matalan permittiivisyyden väliristeitä tarvitaan, samoin uusia pietso- ja ferrosähköisiä eristeitä.

3 Piiteknologian ohella kehittyvä halpa painettava elektroniikka (käsitelty omana osaamisalueenaan), mikä ei kuitenkaan tule syrjäyttämään piiteknologiaa vaan tähtää uudenlaisiin sovelluksiin.




Mikro- ja nanoelektronikassa materiaalit, prosessit ja laitteet kehittyvät rinnan. Kolmedimensionaalinen integrointi kehittyy. Heterogeenisessä integroinnissa erilaisia materiaaleja liitetään toisiinsa monipuolisiksi kokonaisuuksiksi. Tämä asettaa mikroelektronikan materiaalikehitykselle paljon haasteita.

Piipohjaisten teknologioiden ohella kehitetään nykyään lähinnä perustutkimuksessa muita elektronikan ratkaisuja uusien materiaalien (esimerkiksi hiilinanoputket, molekyyli materiaalit, biomimeettiset materiaalit) ja uusien ilmiöiden hyödyntämisen kautta. Esimerkiksi kvantti-ilmiöiden hyödyntäminen, muun muassa giant magnetoresistance ja magneettiset muistit, on jo kaupallistettu, ja nykyisin perustutkimuksessa on paljon toimintaa joka liittyy kvanttikoherenssin hyödyntämiseen. Uusien materiaalien ja ilmiöiden ohella tutkitaan ja kehitetään uudentyypisiä, esimerkiksi molekyylien itsekokoavuuteen perustuvia, bottom-up-valmistustapoja. Ne mahdollistavat kenties halvemmän ja luonnonvaroja säästävän valmistustavan elektronikalle, mutta aihe on vasta perustutkimusvaiheessa. Täysin uusien elektronikan ratkaisujen (siis muut kuin piiteknologian edelleenkehittäminen) tutkimus on osa nanotiedettä ja liittyy perinteisistä tieteenaloista fysiikkaan, kemiaan, elektronikkaan ja osin myös biologiaan.

Mikro- ja nanoelektronikan kehitys koskettaa jokaista ihmistä. Kulutuselektronikan ja laitteiden lisäksi tulevaisuudessa elektronikan käyttö voi laajentua voimakkaasti hyvinvointisektorille. Osaamisalueen lupaukset liittyvät pienempiin elektronikkakomponentteihin, muisteihin, sensoreihin. Täysin uusien ratkaisujen myötä voi syntyä myös uusia valmistusprosesseja, jotka säästävät energiaa ja luonnonvaroja. Mikro- ja nanoelektronikan materiaaleihin liittyvä kehitystyö

koskettaa yritysmaailmaa laajasti. Elektronikka on erityisesti Nokian ja sen alihankkijoiden vaikutuksesta noussut avainasemaan Suomen kilpailukyvyyn parantajana. Mikro- ja nanoelektronikan materiaaleja kehittävät Suomessa useat yritykset, joiden menestystarina pohjautuu mikroelektronikan materiaalikehitykseen. Uusia menestystarinoita syntyy, mikäli infrastruktuuri kukoistaa. Globaalisti Suomi on mikroelektronikassa pieni valmistaja, mutta suuri soveltaja; todella suuret liikevaihdot perustuvat systeemitason kehittämiseen. Materiaalien asiantuntijoita pitää kuitenkin kouluttaa myös soveltavan, ei pelkästään valmistavan teollisuuden tarpeisiin. Lisäksi myös valmistuspuolella on periaatteessa suuria mahdollisuuksia täysin uusien materiaalien alalla, vaikka perinteisen piiteknologian valmistus onkin keskittynyt muualle kuin Suomeen. Tämä pätee myös uusiin erikoissovelluksiin muualla kuin perinteisessä elektronikassa (esim. bio- ja hyvinvointiteknologia). Konkreettisia tulevaisuuden kehittämis-kohteita mikro- ja nanoelektronikassa ovat mm. amorfiset ja nanokiteiset materiaalit, pietso- ja ferrosähköiset materiaalit, ohuet ja pinnanmuotoja seuraavat kerrokset (ALD), mikro/nanoelektromekaaniset materiaalit ja järjestelmät (MEMS/NEMS), anturimateriaalit, polymeerit, painettava elektronikka ja optikka, hydrofiiliset ja -fobiset pinnoitteet, biologiset pinnoitteet, täysin uudet materiaalit (hiilinanoputket, biomimeettiset materiaalit), sekä uudet bottom-up-valmistusmenetelmät.

Vuoteen 2015 mennessä piiteknologiassa on hyvin suurella todennäköisyydellä päästy pienempiin mittakaavoihin ja siirrytty käyttämään uusia materiaaleja, esimerkiksi parempia ohutkalvoja. Suomalaisen teollisuuden on erittäin tärkeää olla mukana tässä kehityksessä. Täysin uusien ratkaisujen (hiilimateriaalit,



molekyylimateriaalit, uudet kvanttiefektit jne.) käyttöönottoa on vaikea ennustaa. Vuonna 2015 ei todennäköisesti ole tällaisia tuotteita laajassa mitassa markkinoilla. Ensin tarvitaan läpimurtoja perustutkimuksessa, mutta jos niitä tehdään, ne tehdään hyvin todennäköisesti vuoteen 2015 mennessä (maailmalla investoidaan niin paljon tähän alueeseen). Sen vuoksi perustutkimuksessa on oltava mukana nyt, kenties pienellä mutta hyvin kohdennetulla panoksella. Kehityksen ennakoiminen on tärkeää alan yrityksille.

Elektroniikan valmistus on globaalisti sijoittunut muualle kuin Suomeen, eikä tämä tilanne todennäköisesti tule muuttumaan – elleivät täysin uudet, ei-piipohjaiset materiaalit muuta tilannetta. Elektroniikan valmistukseen tähtäävää toimintaa ei siis Suomessa kannattane suurin panoksin tukea. Sen sijaan Suomi on merkittävä elektroniikan soveltaja, ja tälle teollisuudelle on elintärkeää ennakoida elektroniikan materiaaleissa ja perusteknologioissa tapahtuvat muutokset. Tämän vuoksi osaamisalueen koulutuksesta tulee huolehtia: tarvitaan riittävä määrä erittäin korkeatasoista (osin poikkitieteellistä) perus- ja soveltavaa tutkimusta sekä tutkimuksen tarvitsema infrastruktuuri, jotta teollisuuden tarvitsemat osaajat saadaan koulutettua. Osaajien laatu on tärkeämpi kuin heidän määränsä, sillä heidän tehtävänsä yrityksissä on vaativa: nopeasti kehittyvän teknologian ennakointi ja sovelusten oivaltaminen aikaisessa vaiheessa.

Biomateriaalit ja bioaktiiviset materiaalit

Bioaktiiviset materiaalit: Nykyisin käytössä oleva termi ”biomateriaali” tarkoittaa esimerkiksi erilaisia synteettisiä metallisia tai polymeerisiä bioyhteensopivia ja biohajoavia materiaaleja, joita voidaan lisätä kudokseen ilman että syntyy hylkimisreaktio.

Biomateriaaleja kaiken kaikkiaan kuvaa tieteenalana poikkitieteellisyys. Käytännössä mikä tahansa materiaali, joka voidaan jossakin tarkoituksessa asettaa kosketuksiin kudoksien kanssa siten, että sen aikaansaama hyöty ylittää sen aiheuttamat potentiaaliset haitat, voidaan nimetä biomateriaaliksi. Määritelmän ulkopuolelle jäänevät vain jo pitkään käytössä olleet vaatteet ja silmälasit. Niinpä esim. kontaktilinssit ovat hyvä ja tuttu esimerkki käytössä olevasta biomateriaalista. Tälläkin käyttöalueella kuitenkin kuvaavaa on se, että linssit eivät ole enää vain linssejä vaan niiden materiaalit ovat pitkälle kehittyneitä biopolymeerejä, joiden funktioihin kuuluu muutakin kuin valon hallittu taitto.

Suomessa pisimmälle kehitettyihin materiaaleihin kuuluvat biohajoavat polymeerit, bioaktiiviset keraamit, sol-gel-oksidit, tietyt polymeerigeelit, selluloosa- ja kollageenisienet sekä erilaiset komposiittimateriaalit näiden yhdistelmistä. Alaa tällä hetkellä kuvaa se, että puhtaiden materiaalien käytöstä ollaan vahvasti siirtymässä komposiitti- ja hybridimateriaalien suuntaan.

Toisaalta ollaan myös vahvasti siirtymässä eteenpäin tavalla, jota osuvasti kuvaa sanapari ”bioMATERIAALI–BIOmateriaali” aikajärjestyksessä. Ollaan siirtymässä siis materiaalien käyttäytymisen ymmärtämisestä biologian ymmärtämiseen materiaalin yhteydessä kuitenkin unohtamatta toista puolta aiheesta. Samaan aikaan edelleen toki materiaalikehitys sinänsä voi tuoda uusia ulottuvuuksia esimerkiksi nanoskaalan rakenteita hyväksikäyttämällä.

Samalla, kun on opittu ymmärtämään materiaalien biologista käyttäytymistä ja kehitetty solujen kasvatusteknologiaa, on siirrytty kolmiulotteisten kudokasvatusteknologiaan. Tarkoituksena on kasvatusteknologiaa, on siirrytty kolmiulotteisten kudokasvatusteknologiaan. Tarkoituksena on kasvatusteknologiaa, on siirrytty kolmiulotteisten kudokasvatusteknologiaan.



vattaa puolivalmiita kudoksia tai kudoksien esiasteita, jotka implantoitaessa edesauttavat alkuun kudoksen normaalin paranemisprosessin. Kantasolututkimuksen ja kudosten paranemisprosessien tutkimuksen myötä tulee tarve jäljitellä materiaalien vapauttamien aktiivien avulla luonnollista solujakautumis- ja differentaatioprosessia. Tässä yhteydessä aktiivien hallittu vapautuminen kantajamateriaaleista on tarpeen. Myös lääkeaineiden ja materiaalien yhdistäminen implanttien toimivuutta parantamaan on yleistynyt, esimerkkeinä mainittakoon. Lääkeainetta luovuttavat verisuonistit.

Teollisuuden puolella edelleen tärkeällä sijalla on nykYTEknologioiden hyödyntäminen uusissa indikaatioissa. Seuraavassa polvessa nähtäen infektiokontrollissa käytettävät, antimikrobisia aineita luovuttavat implantit. Vähän kauempana tulevat solukasvatuksessa käytetyt 3D-alustat esimerkiksi rustovaurioiden hoidossa. Kaikenlainen materiaalien funktionalisointi yleistyy, tapahtuupa se sitten komposiitti-, hybridi-, aktiivine- tai solukombinaatioreittiä.

Alan kehittyminen suuntautuu edellä mainituista syistä entistä poikkitieteellisempään suuntaan. Toisaalta tarvitaan myös ”ketjutieteellistä” kehittämistä, jossa erityisesti loppupäässä tarvittaisiin pysyviä täyspäiväisiä tutkijalääkäreitä kliinikkolääkäreiden lisäksi. Erityinen ongelmansa on patentoinnin varhaisvaiheen kustannusten kattaminen tilanteessa, jossa ei ole vielä tarpeeksi näyttöä (eläinkokeet) yritysten vakuuttamiseksi.

Polymeerien hallittu synteesi

Materiaaleilta halutaan uusia, yhä parempia ominaisuuksia, räätälöitävyyttä, ympäristöystävällisyyttä, kierrätettävyyttä ja materiaalisäästöjä, ”enemmän vähemmällä”. Polymeerin rakenteen hallinta on avain

uusiin ominaisuuksiin ja uusiin materiaaleihin Meillä on jo käytettävissämme uusia tekniikoita, joilla voimme säädellä polymeerin rakennetta halutulla tavalla ja jotka antavat mahdollisuuden räätälöidä materiaalin ominaisuuksia. Polymeerisynteesin avulla voidaan tuottaa materiaaliin funktionaalisuutta, adaptiivisuutta ja kokonaan uusia ominaisuuksia. Osa näistä keinoista on vielä intensiivisen tutkimuksen kohteena, mutta osaa, kuten single-site-katalyyttitekniologiaa sovelletaan jo polyolefiinituotannossa.

Sovellusalueina voidaan mainita muoviraaka-aineen valmistus, puunjalostus, elektroniikka, uudet rakenne-materiaalit, polymeeriset nanopinnoitteet, uudet biomateriaalit, ympäristötekniikka ym.

Itseorganisoituvat materiaalit / Funktionalisointi

Polymeerien avulla voidaan päästä tarkasti määriteltäisiin nanomittakaavan rakenteisiin: Tällöin polymeeriketjuihin on liitettävä erilaisia toiminnallisia ”lohkoja”, jotka hakeutuvat nanoskaalan järjestäytyneisiin tiloihin ja avaavat uusia toiminnallisuuksia. Ehtona tälle on, että lohkojen on oltava hyvin määriteltäviä ja tarkasti syntetisoituja. Soveltuvia synteesimenetelmiä on viime vuosina kehitetty. Toiseksi kustannukset jäävät korkeiksi ja sovellukset ovat erikoissovelluksissa, joissa lopullisen tuotteen hinnasta materiaalikustannukset ovat vain pieni osa.

Tällaiset lohkorakenteiset polymeerit voivat olla oleellinen osa tulevaisuuden biomateriaaleja, biomeettisiä materiaaleja sekä älykkäitä pinnoitteita. Viime aikoina on kehitetty uusia polymerointitekniikoita, jotka voivat mahdollistaa kustannustehokkaan synteesin jopa laajamittaisempiin sovelluksiin, joskin on liian varhaista ennakoita tilannetta.

Polymerointikatalyytitutkimus

Ns. valtamuoveihin lukeutuvien polyeteenin ja polypropeenin materiaaliominaisuuksissa on viimeksi kuluneiden 15 vuoden aikana tapahtunut valtaisa muutos. Nykyään nämä muovit pystyvät jo monissa sovelluksissa kilpailemaan teknisten muovien kanssa. Tämän muutoksen on mahdollistanut erityisesti polymerointikatalyyttien kehittyminen ja uudet katalyyttiteknologiat. Yksi uusien materiaalien ja materiaaliominaisuuksien kehittämisentärkeimmistä edellytyksistä on katalyyttiteknologian jatkuva parantaminen ja kehittäminen uusien katalyyttien mahdollistaessa polypropeenin- ja polyeteeniketjun rakenteen paremman hallinnan. Uuden teknologian soveltamisessa olemme kuitenkin vasta alkuvaiheessa. Kun ensimmäiset metalloseenikatalyyttipohjaiset materiaalit uusine ominaisuuksineen tulivat markkinoille 1990-luvun alussa, uutta single-site-katalyyttiteknologiaa pidettiin vallankumouksellisena. Se tulisi muuttamaan koko polyolefiini tuotannon. Uuden teknologian käyttöönotto vanhoissa prosesseissa ei ole ollut ongelmattonta.

Single-site-katalyytit mahdollistavat paitsi polymeeriketjun rakenteen paremman hallinnan, myös kokonaan uusien polymeerien kehittämisen. Tämän alan tutkimukseen on Suomessa panostettu merkittävästi 1990-luvun alusta, ja viime vuosina huomiota on kiinnitetty myös perinteisempään Ziegler-Natta-katalyyttitutkimukseen. Näin Suomeen on muodostunut teollisuuden tutkimuksen ja

useiden yliopistoryhmien muodostama ainutlaatuinen, kansainvälisesti – niin teknologisesti kuin tieteellisesti – merkittävä osaamiskeskittymä polymerointikatalyyysin ympärille. Työn tuloksena on yli kymmenen katalyytti-innovaatiota kaupallistettu. Tämän teknologian kehitys pystyy vastaamaan moniin yhteiskunnan ja kuluttajien asettamiin haasteisiin. Näitä haasteita ovat kierrätettävyys, ympäristöystävällisyys, puhtaammat prosessit, materiaalisäästöt ja materiaalin puhtaus. Näin tästä kehityksestä hyötyy koko ketju muoviraaka-aineen valmistajasta muovituotteiden valmistajaan ja lopulta myös kuluttajaan.

Polymerointikatalyyttitutkimus on erittäin poikkitieteellistä tutkimusta, jossa esim. single-site-katalyyttitutkimukselle olennaisia osaamisalueita ovat organometallien kemia, kompleksisyntetiikka, katalyyttianalytiikka ja karakterisointi, katalyyttimallitus, polymerointiteknologia, polymerointikinetiikan mallitus sekä katalyytin rakenteen ja tuotetun polymeerin rakenteen välisen vuorovaikutuksen ymmärtäminen. Tutkimusalueen korkean osaamistason ylläpitäminen ja edelleen kehittäminen sekä pysyminen Suomessa ovat elintärkeitä suomalaiselle muoviteollisuudelle. Panostus tarvitaan tämän alueen perustutkimukseen ja soveltavaan tutkimukseen, jotta alan suomalaista korkeaa osaamista voidaan ylläpitää, kehittää ja soveltaa uusille alueille (esimerkiksi teollisuuden muutosten myötä) myös yliopistoissa.



Teollisuustilastoa, 2003

Toimiala	Toimipaikkoja	Henkilökuntaa ¹⁾	Tuotannon jalostusarvo	
			milj. €	%
Koko teollisuus	28 921	428 451	31 786	100,0
Kaivostoiminta ja louhinta	1 184	4 386	348	1,1
Teollisuus	26 468	409 150	28 707	90,3
– elintarvikkeiden ym. valmistus	2 012	39 344	2 094	6,6
– tekstiilien ym. valmistus	2 542	12 488	521	1,6
– sahatavaran ja puutuotteiden valmistus	2 860	26 933	1 274	4,0
– massan, paperin ym. valmistus	276	35 966	3 640	11,5
– kustantaminen ja painaminen	2 799	29 047	1 610	5,1
– kemikaalien, kemiallisten tuotteiden ym. valmistus	1 152	37 523	2 974	9,4
– ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus	1 066	14 914	905	2,9
– metallien jalostus	178	15 530	1 202	3,8
– metallituotteiden valmistus	4 580	41 206	2 035	6,4
– koneiden ja laitteiden valmistus	3 609	58 679	3 206	10,1
– elektroniikka- ja sähkötuotteiden valmistus	1 815	60 909	7 511	23,6
– kulkuneuvojen valmistus	912	22 131	1 124	3,5
– huonekalujen valmistus	1 591	10 722	409	1,3
– muu valmistus	1 076	3 757	201	0,6
Sähkö-, kaasu- ja vesihuolto	1 269	14 914	2 732	8,6

¹⁾ palkattu työvoima

Lähde: Tilastokeskus, teollisuustilastot

Teollisuustuotannon volyymi-indeksi (2000 = 100)

	Koko teollisuus	Puu- ja paperiteollisuus	Elektroniikkateollisuus	Muu metalliteollisuus
1995	69,2	79,5	32,1	81,4
1996	71,5	77,1	36,1	84,3
1997	77,5	88,3	41,9	90,2
1998	84,6	92,0	59,4	93,3
1999	89,5	95,3	73,2	92,4
2000	100,0	100,0	100,0	100,0
2001	100,1	94,2	98,3	105,0
2002	102,2	98,1	106,2	100,6
2003	103,4	100,9	104,2	101,9
2004*	108,3	107,0	118,5	103,0

* ennakkotieto

Lähde: Tilastokeskus, teollisuustilastot

Johtopäätökset

Suomella menee hyvin. Kuinka voimme taata sen myös jatkossa? Uuden innovaation kehittäminen kaupalliseksi tuotteeksi vie aikaa. Vaikka yksittäisiä sovelluksia on ehkä vielä vaikea nimetä, se uusi teknologia, joka on 2015 menestystuotteiden takana, on jo nyt näköpiirissä. Materiaalit-paneeli korosti erityisesti kahden seikkaa tarkastellessaan tulevaisuuden menestystekijöitä: 1) Tärkeää on ymmärrys niistä vahvuuksista, jotka ovat nykyisen menestyksen takana, samoin kuin ymmärrys siitä, kuinka säilytämme ja kehitämme näitä vahvuuksia, sekä 2) Uudet avaukset ja mahdollisuudet – jos täysin uuteen lähdetään mukaan, se on tehtävä ajoissa riittävin panostuksin.

Suomen vahvat teollisuusalat ovat elektroniikka (24% teollisuuden jalostusarvosta), metsä-paperi (16%) ja metalli (10%). Lisäksi tärkeää on koneiden ja

laitteiden valmistus (10%) liittyen edellisiin (katso taulukot yllä). Osaamisalueita identifioitiin kaiken kaikkiaan kaksitoista. Näiden joukossa on sekä suhteellisen varmoja valintoja, jotka tukevat olemassa olevaa teollisuutta, että uusia, lähellä perustutkimusvaihetta olevia avauksia, joista voi syntyä jopa täysin uutta teollisuutta (katso nelikenttätaulukko alla). Osaamisalueista useat liittyvät olemassa olevien teollisuusalojen – ja samalla myös muiden – vahvistamiseen ja uusiutumiseen.

Tärkeinä osaamisalueina nousivat esille muun muassa pintatekniikat ja painettava elektroniikka sekä puun ja biomassan monipuolinen ja korkeatasoinen hyödyntäminen. Painettavassa elektroniikassa on mahdollista yhdistää sekä elektroniikka- että paperisektorin – eli vahvojen teollisuudenalojemme – osaamista ja tarvittaessa pääomia. Mahdollisia sovelluksia on laajalti elektroniikasta päivittäistavarapakkauksiin,




tuoteselosteisiin ja erityyppisiin painotuotteisiin tai perinkaltaiseen elektroniseen näyttöön. Pintatekniikat ovat keskeisiä kaikille Suomen vahvoille teollisuudenaloille sekä monille uusille aloille. Pintatekniikoissa on myös odotettavissa edistysaskelia uusien teknologioiden, kuten nanoteknologian ja uusien pinnoittemateriaalien, kehittyessä. Pintojen merkitys kasvaa jatkuvasti, koska hyvin monilla teollisuudenaloilla pintojen paremmalla tai kokonaan uudennaisella käsittelyllä saadaan huomattavasti lisäarvoa tuotteille. Tuotteelle saadaan lisää toiminnallisuutta, tulevaisuudessa jopa multifunktionaalisuutta; pinta pystyy reagoimaan ulkoihin ärsykkeisiin ja olosuhteiden muutoksiin. Metallsat ovat maailman suurin biomateriaalin lähde, ja suomalainen metsien hoitoon ja hyödyntämiseen liittyvä tutkimus, kehitys sekä teollisuus ovat maailman huippua. ”Biojalostamo-biotuotetehdas-konsepti” eli uusiutuvien raaka-aineiden, biomassan, hyödyntäminen nestepolttoaineiden, kemikaalien ja energian tuotannossa on kehitysvaiheessa, eikä suuren mittakaavan tuotantoa vielä ole. Yleisesti ottaen tämä uusi kehitys-suunta on merkittävä mahdollisuus sekä perinteisille metsä- ja paperiyhtiöille että uusille tulokkaille. On ilmeistä, että tämän alan kehityksessä Suomella voi ja tulee olla vahva, jopa johtava asema.

Paneelin työskentelyssä nousi esiin muutamia keskeisiä yleisiä teemoja, joiden eteenpäin välittämistä paneeli pitää erittäin tärkeänä. Globalisaation vuoksi menestyäkseen siinä, mitä tekee, täytyy olla yksinkertaisesti paras, globaalilla tasolla. Tämän vuoksi resurssien suuntaaminen ja käyttö on harkittava huolellisesti. Koulutus-, tutkimus-, tuotekehitys-, kaupallistamis- ja teollisuustoiminta-akselilla kunkin toimijan tulee keskittyä siihen, minkä parhaiten osaa, sekä siihen erityisosaamiseen, jonka kautta nykyinen menestys on rakentunut. Valitettavasti yhteiskunnassa näkyy päinvastaisiakin trendejä: ammattikorkeakoulujen Suomalaiselle elintärkeä osaaminen on korkeatasoisen ammatillisen

sen koulutuksen antaminen, mutta kuitenkin nyt toiminta on laajenemassa myös tutkimukseen, johon ei aina ole tarvittavia edellytyksiä ammatillisen koulutuksen jäädessä samalla jalkoihin. Perusinsinööreistä on jo nyt pulaa. Yliopistojen päätehtävä on perustieteet syvällisesti hallitsevien osaajien kouluttaminen sekä tutkimuksessa maailman huipulla pysyminen, mutta nyt yliopiston odotetaan laajentavan toimintansa myös esimerkiksi keksintöjen kaupallistamiseen, alueelle, jolla sillä ei ole osaamista eikä myöskään muita tarvittavia resursseja. Sen sijaan, että eri toimijat hajoittavat voimiaan uusille alueille ja siten heikentävät kilpailukykyään, tarvitaan välittäjätahoja, jotka hoitavat esimerkiksi keksintöjen kaupallistamista työskentelemällä yliopistojen, tutkimuslaitosten, teollisuuden ja pääomasijoittajien välillä. Mikäli Suomi yksinään on liian pieni markkina-alue tällaisten välittäjätahojen toiminnalle, täytyy voida ajatella toimintaa kansainvälisellä tasolla.

Myös yliopistojen ja yritysten suoraa yhteistyötä tutkimuksessa tulee edelleen kehittää. Yliopistotutkimuksen ja yritysten on kohdattava toisensa parhaiten. Teknologiansiirron huomattava parantaminen on Suomen (ja Euroopan) kohtalonkysymys. Yllämainituille välittäjätahoille, samoin kuin tutkijoille, jotka keksintöt tuottavat, täytyy rakentaa todellinen mahdollisuus taloudellisesti hyötyä tästä toiminnasta. Toisin sanoen, teknologiansiirron ongelmat eivät tule ratkeamaan pelkästään virkamiestyönä. Merkittävien tieteellisten ja teollisten keksintöjen syntyminen voidaan edesauttaa luomalla keskittymiä, jotka houkuttelevat globaalisti parhaimpiin kuuluvia osaajia kovaan työskentelyyn innostavan ilmapiirinsä, hyvän ympäristön, erinomaisen laitekannan ja myös taloudellisten etujen vuoksi. Teknologiansiirrossa malliksi käy jossain määrin Yhdysvallat vaikkakaan Suomessa ei valitettavasti ole samalla tavalla riskipääomia. Riskirahoitus onkin suurimpia avoimia kysymyksiä IPR-, ylösskaalaus- ja liiketoimin-



taosaamisen ohella suomalaisessa teknologiansiirrosta. Yhdysvaltain teknologiapolitiikassa on huomattavaa myös, että nimikkeen ”kansallinen turvallisuus” alla subventoidaan huomattavassa määrin perustutkimusta ja tuotekehitystä. Suomen ja koko Euroopan on otettava tämä huomioon arvioidessaan julkisia panostuksia, joilla voidaan ajatella kilpailtavan Yhdysvaltain kanssa. Yliopistoissa tullaan myös tarvitsemaan rakenteellisia uudistuksia, jotta teknologiansiirto, eri toimijoiden työnjako ja kannustavuus saadaan toteutettua: nykyisiä rakenteellisia ongelmia ovat mm. heikko (kollegiaalinen) johtajuus ja vähäinen autonomia.

Teknologiansiirron ja eri toimijoiden optimaalisen työnjaon lisäksi paneeli haluaa korostaa poikkitieteellisyden merkitystä. Tulevaisuuden materiaalien kehittämisessä tarvitaan yhä enemmän poikkitieteellisyyttä: eri perusluonnontieteiden ja tekniikan alojen yhdistämistä. Poikkitieteellisyyttä tarvitaan myös laajemmalla mielessä. Esimerkistä käy materiaalitutkimuk-

sen ja tuotekehityksen, muotoilun (joka käsittää sekä funktionaalisuuden että ulkoiset ominaisuudet) ja kulttuuriosaamisen yhdistäminen. Samalla täytyy muistaa, että suuri osa tärkeimmästä tutkimuksesta tehdään edelleen ja tullaan tekemään yhden tieteenalan sisällä – jos kaikkien tutkijoiden kaikki toiminta olisi poikkitieteellistä, se söisi omaa lähtökohtaansa eli eri alojen syvällistä osaamista. Mutta poikkitieteellisyyttä tarvitaan selvästi lisää, ja siihen on kannustettava, koska se on tunnetusti vaikeaa eikä synny itsestään. Lisäksi poikkitieteellisen ryhmän johtaminen on vaativa haaste. Suomen pieni koko, se, että eri toimijat tuntevat toisensa ja luottavat toisiinsa, on vahvuus ja mahdollisuus poikkitieteellisen toiminnan luomisessa. Samoin perustutkimuksen roolia Suomen tarvitsemien osaajien kouluttajana ei tule unohtaa: tulevaisuudessa tarvitaan nimenomaan perusluonnontieteet syvällisesti hallitsevia osaajia, joiden tietämys ei vanhene nopeasti vaan on yhdisteltävissä ja sovellettavissa uusiin tilanteisiin.



10. Globaali talous

Puheenjohtajat

Heli Koski, Helsingin kauppakorkeakoulu

Pekka Ylä-Anttila, ETLA

Panelistit

Per Hansson, Wärtsilä Oyj

Inkeri Hirvensalo, Valtiovarainministeriö,

Rahoitusmarkkinaosasto

Juha Honkatukia, VATT

Heikki Leppänen, Kone Oyj

Jussi Mykkänen, Vaisala Oyj

Heikki Patomäki, Helsingin yliopisto

Antti Suvanto, Suomen Pankki

Maaria Ylänkö, Helsingin yliopisto

Muutostekijät

Johdanto

Globaalitalouteen liittyvät muutostekijät on paneelin työn tuloksena ryhmitelty neljäksi muutostekijäryhmäksi. Muutostekijäanalyysi on ollut kahtalainen: toisaalta on pohdittu sitä, millaiset globaalit muutostekijät vaikuttavat tieteen ja teknologian kehitykseen yleensä – toisaalta sitä, mitkä tekijät vaikuttavat itse globaalitalouden (ja globaalitaloudessa toimivan yhteiskunnan) tutkimukseen tulevien 10–15 vuoden aikana.

Muutosten taustaksi olemme koonneet laajan aineiston sekä globaalin talouden muutostrendeistä ja tulevaisuuden arvioista että eri maiden tiede- ja teknologiapolitiikasta. Muutostrendejä kuvaavaa aineistoa on käytetty tukemaan paneelin näkemyksiä.

Tiede- ja teknologiapolitiikkaa koskeva aineisto osoittaa, että useimmissa maissa politiikan painopisteet ovat samoja: lähes kaikki maat valitsevat samat tieteen ja teknologian alat politiikkaohjelmiinsa. Näitä kaikkien suosimia aloja ovat esimerkiksi tieto- ja viestintäteknologia, biotieteet ja -teknologia (tai life sciences), nanotiede ja -teknologia, uudet materiaalit, ympäristö, energia, jne. Pienelle maalle tämä merkitsee valintojen väistämättömyyttä. On valittava sellaisia aloja, joilla on erityisvahvuuksia tai suhteellisia etuja ja samalla tehtävä valintoja siitä, miten resursseja suunnataan perustutkimuksen, soveltavan tutkimuksen ja tuotekehityksen välillä.

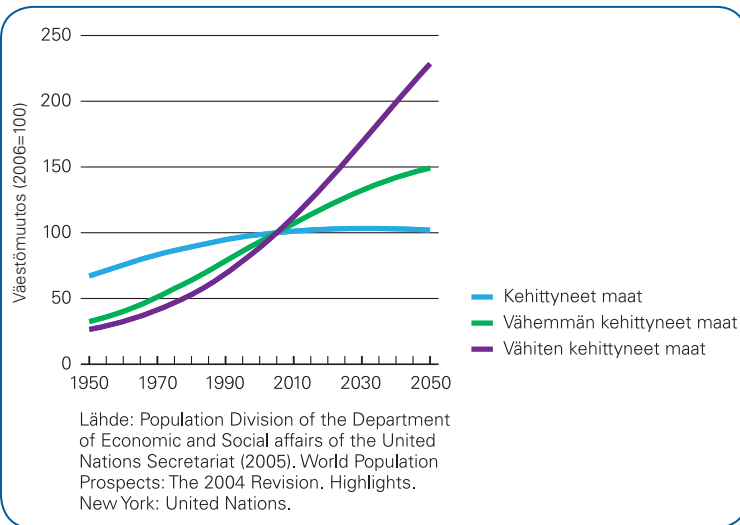
Suuret maat sijoittavat uusien teknologioiden tutkimukseen yhä kasvavia resursseja, ja pienten maiden on valittava, mille alueille ne erikoistuvat. Esimerkiksi nanoteknologiaan kohdistettu julkinen tutkimusrahoitus on aivan viime vuosina kasvanut nopeasti mm. Yhdysvalloissa ja Japanissa. Yhdysvaltain National Science Foundationin arvion mukaan koko maailmas-

sa on vuosina 2000–2005 kohdennettu nanoteknologian tutkimukseen julkista rahoitusta noin 15 000 miljoonaa dollaria. Suomen julkinen rahoitus on samaan aikaan ollut noin 70 miljoonaa dollaria.

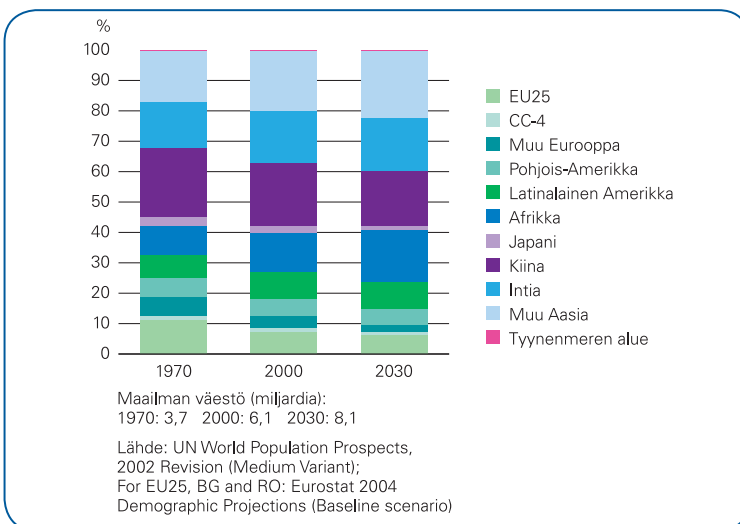
Globaalit väestömuutokset – maailman väestökehityksessä suuria alueellisia eroja

Yhdistyneiden kansakuntien arvioiden mukaan maailman väestö kasvaa nykyisestä noin 6,5 miljardista runsaaseen 8 miljardiin asukkaaseen vuoteen 2030 mennessä. Alueittain maailman väestökehitys poikkeaa kuitenkin tyystin tähänastisesta. Lähes kaikissa kehittyneissä maissa väestönkasvu on hidasta, ja ikään-tyneiden osuus väestöstä alkaa kasvaa nopeasti 2010-luvulla. Samaan aikaan useimpien kehittyvien maiden väestön kasvu jatkuu voimakkaana. Tämä muuttaa merkittävällä tavalla taloudellisen toiminnan globaalia jakautumista sekä myös talouskasvun ja sosiaalisen kehityksen edellytyksiä.

Voimakkainta väestökasvu on Afrikassa, Intiassa ja Kaakkois-Aasian maissa. Sen sijaan Kiinan osuus maailman väestöstä alkaa pienentyä nopeasti; yhden lapsen politiikan seurauksena maan väestö kasvaa enää hitaasti, ja Kiinan osuus maailman väestöstä pienentyy nykyisestä runsaasta viidenneksestä arviolta 17–18 prosenttiin lähimmän parin vuosikymmenen aikana. Kiinan väestö ikääntyy nopeasti samaan tapaan kuin monissa Euroopan maissa. Intian väestö sen sijaan kasvaa nopeasti, ja maa on väestöltään Kiinan suuruinen jo 2030-luvun alussa. Venäjän ja itäisen Keski-Euroopan maiden väestökehitykseen liittyy runsaasti epävarmuutta. Venäjällä odotettavissa oleva elinikä on alentunut, ja monissa itäisen Keski-Euroopan maissa muuttoliike vaikuttaa merkittävästi tulevaan väestökehitykseen.



Kuva 1. Väestömuutokset kehittyvissä ja kehittyneissä maissa (Ind., 2006=100)



Kuva 2. Maailman väestö jakautuminen alueittain 1970–2030, %

Merkitys ja vaikutukset

Erot maailman eri osien väestönkasvussa johtavat muuttopaineiden lisääntymiseen ja mahdollisesti suuriinkin siirtolaisvirtoihin. Kehittyneissä maissa tarvitaan työvoimaa sekä palvelualoille että korkeaa koulutusta vaativiin tehtäviin. Kansainvälinen kilpailu koulutetusta työvoimasta lisääntyy. Työperäistä maahanmuuttoa Eurooppaan pyritään lisäämään.

Talouden kasvu Euroopassa jatkuu hitaana, kun väestö vanhentuu ja työikäisen väestön määrä supistuu. Paineet tuottavuuden nostamiseen lisääntyvät, mutta mahdollisuudet siihen saattavat vähentyä, sillä uusien teknologioiden omaksuminen hidastuu ikääntymisen seurauksena. Ikääntyminen vaikuttaa myös ihmisten kulutustottumuksiin; kulutuksen rakenne muuttuu merkittävästi. Erityisesti terveys- ja hoivapalveluiden kysyntä kasvaa nopeasti, mutta monien kulutustavaroiden kysynnän kasvu hidastuu. Taloudellista kasvua voi Euroopassa heikentää myös se, että kotitaloudet alkavat varautua eläkkeiden sekä julkisten hoivapalveluiden rahoituspulmiin ja lisäävät säästämistään, jolloin kulutuskysynnän kasvu hidastuu.

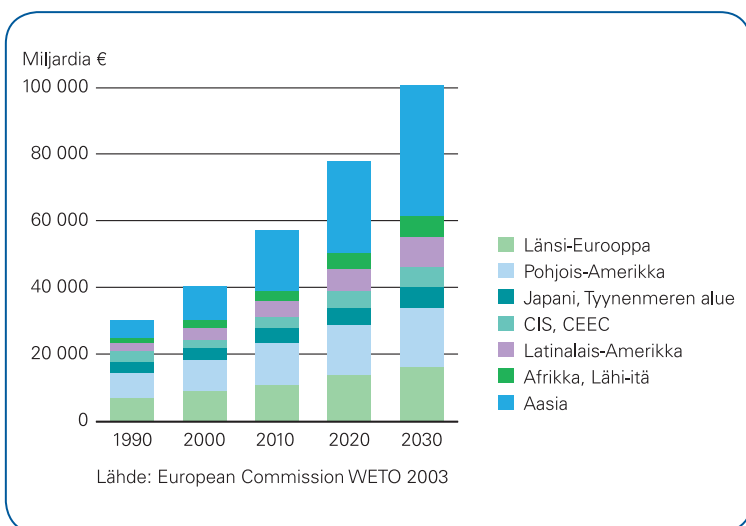
Vaikka talouskasvu Aasiassa on lähimmän 10–15 vuoden aikana selvästi muuta maailmaa nopeampaa, tulotasoerot (bkt/capita) Aasian maiden välillä saattavat merkittävästikin muuttua erilaisen väestökehityksen johdosta. Arvioiden mukaan tulo-taso kasvaa lähivuosina nopeimmin Kiinassa.¹ Samaan aikaan maan sisäiset tuloerot lisääntyvät nopeasti. Tähän liittyy suuria poliittisia ja yhteiskunnallisia riskejä. Maan talouden kasvuun liittyy sekä kulutuksen että teollisuustuotannon nopea nousu, mikä lisää ympäristöriskejä ja samalla tarvetta niiden hallintaan.

Euroopan sisällä muuttopaineet lisääntyvät, ja esimerkiksi Baltian maat ovat menettämässä työikäistä väestöä nopeasti. Väestö vanhenee selvästi muuta Eurooppaa nopeammin.

Tyyntenmeren alueen nousu

Alueen maat erikoistuvat – Intian rooli kasvaa

Tyyntenmeren alue – Amerikan länsirannikko ja Aasian kasvavat taloudet – on noussut nopeimman talouskasvun alueeksi maailmassa. Työnjako alueen sisällä eriytyy: teollinen tuotanto siirtyy Kiinaan, Intia kasvattaa ohjelmistotuotantoa ja IT-alaa, luovat alat kasvavat Kaliforniassa. Kokonaisuutena alue on erittäin vahva. Se vetää investointeja ja osaavia ihmisiä, osin maailman muiden alueiden kustannuksella. Kehitystä saattaa hidastaa Kiinan taloudellisten tai poliittisten ongelmien kärjistyminen. Samaan suuntaan voi vaikuttaa USA:n kasvava protektionismi. Alueen kasvu voi nopeuttaa erityisesti Intia, jossa väestö kasvaa ja talouden rakenne on muuttumassa kestävämpää kasvua tukevaan suuntaan.

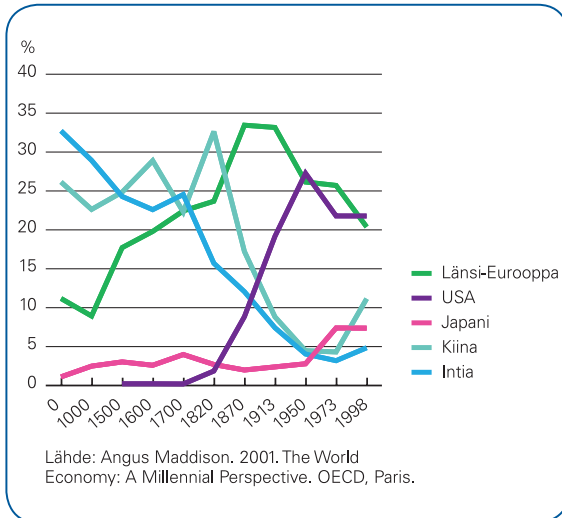


Kuva 3. Reaalinen bruttokansantuote (ostovoimapariteetein) maittain, 1991–2015, USD. Lähde: Carl Dahlman, World Bank Institute

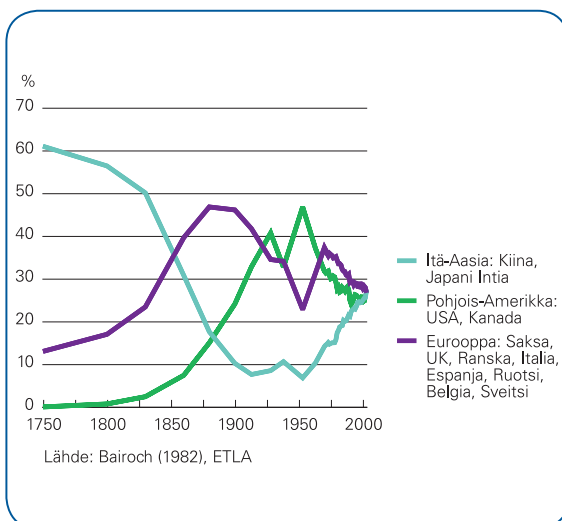
Merkitys ja vaikutukset

Aasian merkitys maailmantaloudessa kokonaisuudessaan kasvaa, mutta Intia erikoistuu nopeammin niille aloille, joilla nykyisillä kehittyneillä mailla on kilpailuetu. Intia alkaa vetää tiiviiseen tahtiin yhä lisää investointeja, ja yhä suurempi osa läntisissä teollisuusmaissa nykyisin tehtävästä insinööryöstä ja tutkimuksesta tehdään vastaisuudessa Intiassa. Maailmankaupan ja kansainvälisten pääomaliikkeiden vapauttaminen ovat vaikuttaneet tähän kehitykseen, mutta vaikutusta on myös Intian ja Kiinan omilla kansallisilla kehitysohjelmilla. Muutos voi olla odotettuaikin

¹ Jos Kiinan talous kasvaa tasaisesti noin viiden prosentin vuosivauhtia ja Eurooppa (EU 15) noin yhden prosentin, Kiina saavuttaa nykyisen Länsi-Euroopan aineellisen elintason vajaan 50 vuodessa.



Kuva 4. Maailman bruttokansantuotteen jakauma kahden vuosituhatvuotteen aikana, %




Kuva 5. Maailman teollisuustuotannon jakauma alueittain, %

nopeampaa, jos eurooppalaisten ja amerikkalaisten yritysten kokemukset osoittautuvat hyväksi ja Intiaan syntyy useita IT-alan tai muiden high-tech-alojen osaamiskeskittymiä.

Aasian suuret nousevat maat ovat toistaiseksi sijoittaneet nopeasti kasvaneet säästönsä etupäässä USA:han. Kymmenen vuoden tähtäimellä niiden sijoituspolitiikka muuttunee enemmän omaa maata ja aluetta suosivaksi, kun vakaa talouskehitys jatkuu ja turvallisia sijoituskohteita löytyy entistä enemmän. Seurauksena investointitavaroiden kysyntä lisääntyy. Tämä puolestaan johtaa korko- ja hintatason nousuun, minkä seurauksena Aasian kilpailukyky halpojen työvoimakustannusten alueena heikkenee. Teollisuusmaihin verrattuna se ei kuitenkaan kokonaan katoa. Aasian maissa ostovoima kasvaa, koska palkat nousevat yleistä hintatasoa nopeammin. Tämä johtaa myös kulutustavaroiden kysynnän kasvuun. Kysynnän kasvun kohdistuminen esim. henkilöautoihin lisää osaltaan tarvetta ympäristöä saastuttamattomien ratkaisujen löytämiseen. Toisaalta myös suurille nouseville maille tulee kilpailijoita vielä halvempien työvoimakustannusten maista. Muutoksen nopeuteen vaikuttavat mm. USA:n talouden "kaksoisvajeen" (julkisen talouden ja vaihtotaseen yhtä aikaa kasvavat vajeet) ja korkotason kehittyminen ja toisaalta Aasian maiden oman talouden ja markkinoiden uudistuminen ja vakaus.

Yhdysvaltojen taloudellinen hegemonia saattaa heiketä. Yhdysvaltalaiset suuryritykset eivät enää välttämättä dominoi markkinoita samalla tavalla kuin nykyisin. Tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kärki voi ainakin osittain siirtyä muualle Tyynenmeren alueelle. Tulevien 10–15 vuoden aikana markkinat ovat nykyistä hajautuneemmat. Euroopan näkökulmasta on mahdollista, että yhä suurempi osa sekä



perinteisestä teollisuustuotannosta että tietotekniikan ja tietoteknisten palveluiden tuotannosta tehdään Tyynenmeren alueen maissa. Euroopalle asettuu nykyistä suurempi erikoistumishaaste maailmantaloudessa. Samalla Euroopassa syntyy tarve sekä lisääntyvään kauppaan että kasvavaan kulttuurin ja tutkimusyhteistyöhön Tyynenmeren alueen maiden kanssa.

On myös varauduttava merkittäviin potentiaaliisiin riskeihin, joita liittyy nopeaan rakennemuutokseen, kasvaviin ympäristöongelmiin sekä sosiaalisen ja taloudellisen eriarvoisuuden lisääntymiseen.

Globaalikilpailu

Yhä useammilla aloilla yritykset eivät kilpaile enää (pelkästään) paikallisesti, vaan kilpailukenttänä toimii koko maailma. Kilpailun synnyttämistä tehokkuusvaatimuksista seuraa työn globalisoitumista ja jatkuvaa kustannusten alentamispakkoa. Tuotanto ja työ, kuten myös tutkimus- ja kehitystoiminta, siirtyvät globaalitaloudessa alueille, joilla tekeminen on kannattavinta. Tämä aiheuttaa hintapaineita ja pakottaa myös Suomessa toimivia yrityksiä alentamaan tuotantokustannuksia joko kotimaan toimintaa tehostamalla tai esimerkiksi siirtymällä alhaisemman kustannustason maihin. Erityisesti suurissa kehittyvissä maissa talouskasvu nopeutuu investointien kasvun ja koulutustason nousun seurauksena, mikä osaltaan edelleen nopeuttaa tätä kehityskulkua. Suomalaisille yrityksille kiihtyvä globaalikilpailu tarjoaa sekä haasteita että mahdollisuuden siirtyä entistä vaativampiin tai erikoistuneisiin tehtäviin ja kehittää uusia toimintatapoja ja tuotteita. Yritysten on pystyttävä sekä valmistustoiminnassaan että tutkimus- ja innovaatiotoiminnassaan verkottumaan ja perustamaan yksiköitä uusiin toimintaympäristöihin.

Markkinoiden globalistuminen johtaa myös varsin suurella todennäköisyydellä markkinavaatimusten syntyymiseen ja tavaroiden ja palveluiden tarjonnan

monipuolistumiseen sekä vauriissa maissa tarjonnan yltäkylläisyyteen. Massaräätälöintiin perustuva tuotanto, internet sekä tehokkaat globaalit myynti- ja jakeluketjut mahdollistavat kuluttajien erilaisten tarpeiden tyydyttämisen nopeasti. Innovaatiotoiminnan kannalta tämä merkitsee sitä, että pelkkä teknologinen innovointi ei riitä, vaan markkinoilla menestymiseen tarvitaan entistä enemmän tietoa kuluttajien preferensseistä ja kykyä erottautua muista tuotteista ja palveluista. Tuotemerkit ja yleisemmin immateriaalioikeuksien hallinta ja käyttö sekä sähköisten markkinointimedioiden hyödyntäminen ovat kriittisiä menestystekijöitä. Samoin on osattava tehdä ostaminen kuluttajille helpoksi. Asiakkaiden vaatimusten lisäksi ympäristövaatimukset ja regulaatio (sääntely) asettavat omat vaatimuksensa markkinatoimijoille. Markkina- ja innovaatiotoiminta monimutkaistuvat ja vaativat aiempaa laajempaa osaamista.

Globaalit kauppa- ja ympäristösopimukset ja kaupan esteiden poistuminen saattavat vaikuttaa maailmankaupan kehityssuuntaan ja sitä kautta talouskasvuun ja uusien teknologioiden leviämiseen. Eräs panelisti kuvasi asiaa seuraavasti: *”Maailmankaupan vapauttaminen voi edistää talouskasvua. Kaupan vapauttaminen on kuitenkin toteutumassa alueellisten järjestelyjen kautta monien Aasian maiden ja miksei Euroopan halutessa aloittaa integraation lähialueeltaan. Alueelliset sopimukset voivat olla ensiaskel vapaakauppaan, mutta ne voivat myös johtaa kasvua hidastavaan blokkiutumiseen, jollaista esimerkiksi IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, <http://www.ipcc.ch>) visioi. Ympäristösopimukset ovat eurooppalaisittain saamassa tärkeän aseman. Ympäristösopimukset voivat vaikuttaa kauppajärjestelyihin luomalla kauppaa rajoittavia lisävaatimuksia, jotka saattavat vaikuttaa alueellisesti varsin eri tavoin. Täten ympäristösopimukset voivat vaikuttaa maailmankaupan vapauttamisen aikatauluun.”*



Suomelle kaupan vapauttaminen nykyisestäään aiheuttaisi eniten pulmia vientitukia nauttivien maataloustuotteiden kaupassa, kun tukia vähennettäisiin tai ne loppuisivat kokonaan ja tuotteiden kilpailukyky markkinoilla putoaisi. Uusia mahdollisuuksia sen sijaan avautuisi suomalaiselle tutkimus- ja innovaatiotoiminnalle, kun kehitysmaat lisäävät tuotantoaan tuoteryhmissä, joiden tuotannossa pitkät kuljetusmatkat eivät ole merkittävä kustannus- tai laatutekijä. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi elektroniikan perustuotteet ja komponentit.

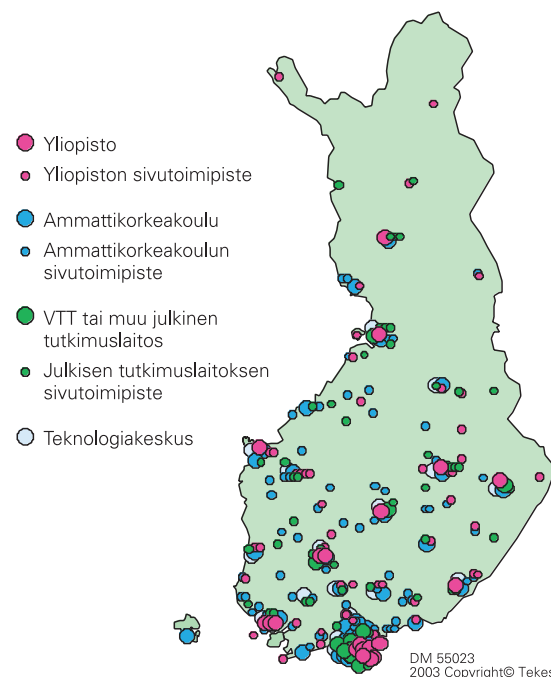
Uusliberaalin globaalin hallinnan asteittainen syveneminen nähtiin potentiaalisena globaalitalouden muutostekijänä – tosin panelistit arvioivat sen toteutumisen todennäköisyyden ja merkityksen suhteellisen alhaiseksi. Pyrkimykset julkisen kulutuksen vähentämiseen ja eriarvoisuuden lisääntyminen voivat johtaa olosuhteiden kovenemiseen ja jossain määrin epäterveeseen kilpailuun. Tämä voi myös heikentää mahdollisuuksia hyödyntää tutkimus- ja innovaatiotoimintaa.

Koulutus ja osaaminen

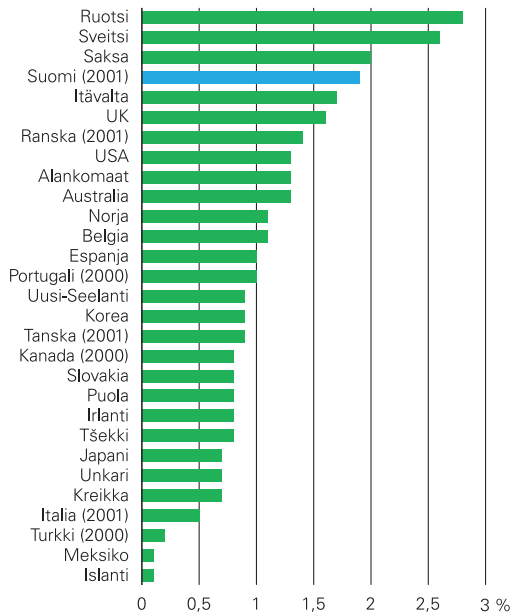
Globaalikilpailu koskee myös koulutussektoria, ja tämän seurauksena tutkimusrahoituksen painopiste siirtyy yhä enemmän tieteenalojen huippuyksiköihin ja näissä tehtävän tutkimuksen tukemiseen. Samaan aikaan yliopistojen hallinto- ja opetushenkilökuntaa supistetaan. Tämä johtaa mahdollisesti siihen, että perusopetuksen laatu ja hallinto kärsivät niin, että yliopistoista tulee vähemmän houkuttelevia niin opiskelijoiden kuin tutkimus- ja opetushenkilöstönkin kannalta. On mahdollista, että tiettyjä oppiaineita, joilla ei ole ”kriittistä massaa” tai muuten valmiuksia huippututkimukseen, lakkautetaan ja resursseja suunnataan kansainvälisesti menestyksikäille aloille. Niukkojen resurssien keskittäminen alueisiin, joilta löytyy suomalaista huippuosaamista, voi tuottaa kansainvälisesti arvostettuja tutkimustuloksia ja uusia innovaatioita. Täl-

laisten innovaatioiden generoiminen puolestaan voi synnyttää kansainvälisesti kilpailukykyistä yritysosaamista ja innostaa uusien innovatiivisten yritysten perustamiseen.

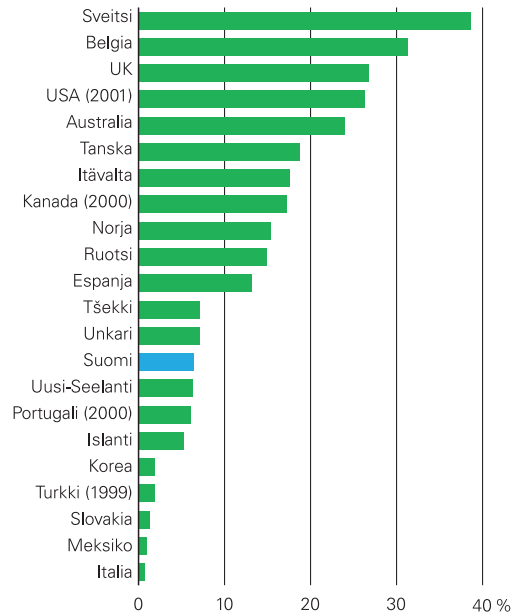
Keskittyminen huippuyksiköiden rahoituksen voi johtaa kuitenkin myös epäsuotuisaan tutkimuksen kaipa-alautumiseen. Esimerkiksi perustutkimus, joka ei ole välittömästi yhteiskunnan hyödynnettävissä taloudellisessa mielessä, voi kärsiä. Huippuosaajat aloita, joilla ei ole huippuyksikköstatusta ja joita ei arvosteta riittävästi, saattavat siirtyä ulkomaille. Myös laadun varmistaminen yliopistoissa, joissa tulosjohtaminen on johtanut määrän kasvuun laadun kustannuksella, on keskeinen haaste: miten tuotetaan huippuosaajia Suomessa?



Kuva 6. Yliopistojen, ammattikorkeakoulujen, julkisten tutkimuslaitosten ja teknologiakeskusten verkosto



Lähde: OECD, Education at a Glance, 2005



Lähde: OECD, Education at a Glance, 2004

Kuva 7. Tohtorintutkintojen määrä suhteessa ikäluokkaan sekä ulkomaalaisten osuus tohtorintutkinnon suorittaneista

Koulutussektorin haasteena on miettiä myös innovatiivisia toimintamalleja, jotta osaamispohja voitaisiin pitää riittävän laajana ja erilaisten osaamisten verkostojen pystyttäisiin hyödyntämään maksimaalisesti esimerkiksi yhdistämällä työtä ja opiskelua sekä tekemällä poikkitieteellistä yhteistyötä. Yliopistojen uudelleenorganisointia tarvittaneen olosuhteiden muuttuessa.

Entistä tärkeämmiksi käyttäytymistä ja poliittista päätöksentekoa ohjaaviksi päämääriksi nousee kaksi asiaa: huippuosaamisen hyödyntäminen ja pyrkimys kansainväliseen teknologiakärkeen tietyillä teknologian osa-alueilla, joissa Suomi on jo saanut huippuosaajan maineen korkeateknologisen maana. Suomalaiset yritykset ja tutkimuslaitokset kilpailevat en-

tistä kovemmin saadakseen kansainvälistä alan kärkeä edustavia tutkijoita ja opettajia palvelukseensa. Huippuosaajat voivat valita itse työskentelypaikkansa. Siksi elämisen laatuun ja hyvinvointiin liittyvistä seikoista tulee aiempaa merkittävämpiä kilpailutekijöitä. Nämä muutokset arvioitiin paneelissa suhteellisen todennäköisiksi, ja erityisesti pyrkimys kansainväliseen kärkeen koettiin erittäin merkittäväksi suomalaisen innovaatio- ja tutkimusjärjestelmän kannalta. Kehitystä nopeuttaa informaation aiempaa nopeampi saatavuus ja hyödynnettävyys. Kehitystä tuetaan mahdollisesti poliittisilla päätöksillä – esimerkiksi verotuksen keinoin – ja suuntaamalla entistä enemmän resursseja huipputeknologian tutkimukseen ja kehitykseen. Tiedotusväli-



neillä voi olla suuri merkitys tämän kehityksen nopeuttajana tai hidastajana. Median rooli sekä teknis-taloudellinen näkökulma mahdollisesti ylikorostuvat poliittisessa päätöksenteossa. Suomalaisen innovaatio- ja tutkimustoiminnan kannalta pyrkimys kansainväliseen teknologiakärkeen voi kuitenkin toimia suotuisana kannustimena ja ohjata resursseja tehokkaasti keskeisille osaamisalueille.

Osaaminen ja tiedon hyödyntäminen muuttuu myös entistä enemmän avoimia innovaatioympäristöjä hyödyntäväksi. Monilla aloilla ollaan siirtymässä suljetusta, yrityksen rajojen sisällä tapahtuvasta innovaatiotoiminnasta avoimempaan toimintamalliin, jossa innovaatioita kehitetään ja haetaan yrityksen ulkopuolelta. Ehkä yleisin esimerkki tällaisesta innovaatiotoiminnasta tällä hetkellä on avoimeen lähdekoodiin perustuvien ohjelmistojen kehitys, jossa ohjelmistoyritykset tarjoavat lähdekoodia kehittävän yhteisön tuotteita eli ohjelmistoja asiakkailleen ilmaiseksi ja saavat lisäarvoa tarjoamistaan oheispalveluista. Avoimen innovaatiotoiminnan kasvu voi näkyä vuoteen 2015 mennessä jossain määrin siinä, että julkiset, kaikkien käytössä olevat tietovarannot kasvavat merkittävästi. Tämä voi olla hyödyllistä Suomen kaltaiselle pienelle maalle, joka pystyy erikoistumaan vain hyvin rajalliseen määrään osaamisalueita. Avoimen innovaatiotoiminnan kautta käyttöön saadaan helpommin muualla syntyneitä osaamista ja muualla kehitettyjä innovaatioita, joilla voidaan täydentää suomalaista osaamista. Avoimen innovaatio- ja liiketoiminnan mallit poikkeavat totutuista, joten uhkana on, ettei tarjolla olevaa osaamista osata hyödyntää ja/tai että julkiseen tietovarantoon vuodetaan sellaisiakin tietoja/innovaatioita, joiden yksityisomistus olisi kansainvälisen kilpailukyvyyn säilyttämisen ja vahvistamisen näkökulmasta keskeisen tärkeää.

Osaamisalueet

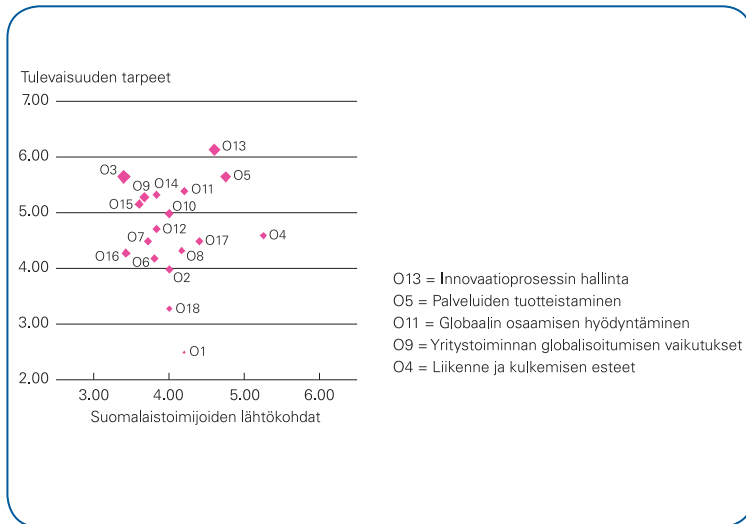
Osaamisalueita on seuraavassa käsitelty kahdesta näkökulmasta. Toisaalta näkökulma on siinä, missä asioissa Suomella jo on hyvät lähtökohdat ja erityisosaamista. Toisaalta pyrimme käsittelemään sitä, missä asioissa Suomessa on merkittävää tarvetta kehittää osaamista, koska tulevaisuuden tarpeet – muun muassa edellä esitetyn perusteella – sitä edellyttävät. Painopiste osaamisaluetarkastelussa on selvästi jälkimmäisessä näkökulmassa.

Gloaalien riskien arviointi ja hallinta

Uusia tai aiempaa suurempia globaaleja riskejä on kehityksessä useilla aloilla. Tällaisia ovat esimerkiksi globaaliin energiatalouteen liittyvät sekä mahdollisiin pandemiioihin liittyvät riskit. Molemmilla voi olla merkittäviä vaikutuksia kansainväliseen talouteen.

Maailman energiavarojen sijainnista, riittävydestä, niiden hyödyntämisen teknologioista samoin kuin energian käytöstä tulee jatkuvasti uutta tietoa, joka viittaa globaalien poliittisten ja taloudellisten riskien kasvuun. Raakaöljyn reaalihintana on asettunut pysyvästi aiempia vuosikymmeniä korkeammalle tasolle, vaikkakin hinnan lyhyen aikavälin vaihtelut ovat myös tulevaisuudessa suuria. Suomessa globaalia energiataloutta ja siihen liittyviä riskejä tunnetaan vielä liian vähän. Kyse on siis osaamisalueesta, johon liittyvät tulevaisuuden tarpeet ovat suuria, mutta suomalaisten toimijoiden valmiudet toistaiseksi riittämättömiä.

Suomalaisilla on erityisosaamista globaaleista ympäristömuutoksista ja niihin liittyvistä riskeistä. Ilmastomuutosten vaikutukset metsiin sekä metsätalouteen ja -teollisuuteen on suomalaisen erityisosaamisen aluetta. Yleensäkin metsiin ja metsätalouteen liittyvä osaaminen ja sen kehittäminen ovat nousemassa yhä tärkeämmiksi. Metsät ovat muuttumassa hyvin



Kuva 9. Osaamisalueet. Huom. Kyseessä ovat panelistien eri tekijöistä esittämät arviot

kriittiseksi luonnonvaraksi, sillä maailman metsävarat ovat supistumassa, koska puuston häviäminen kehitysmaissa on tuntuvasti nopeampaa kuin niiden kasvu kehittyneissä teollisuusmaissa. Samaan aikaan kuitenkin puuta raaka-aineenaan käyttävä tuotantotoiminta kasvaa nopeimmin teollisuusmaiden ulkopuolella. Maailman suurimmat metsävarat ovat Venäjällä ja Etelä-Amerikassa. Näiden alueiden tulevaan taloudelliseen ja yhteiskunnalliseen kehitykseen liittyy runsaasti epävarmuutta.

Merkittäviä riskejä aiheuttaa maailmanlaajuisten tietoverkkojen, televerkkojen ja ja kansainvälisten energiaverkkojen haavoittuvuus. Yritysten riippuvuus verkoista on kasvanut, minkä seurauksena myös niihin liittyvät riskit ovat lisääntyneet. Riskien tunnistaminen, niihin varautuminen ja mahdollisten häiriöiden korjaaminen edellyttävät systeemistä osaamista ja kokonaisuuksien hallintaa.

Uutta tietoa globaaleista riskeistä ja niiden hallinnasta tarvitaan sekä ulkopoliitiikan, talouspolitiikan, energiapolitiikan että yritysten tarpeisiin. Muuttuvat energiamarkkinat voivat muuttaa poliittista tilannetta nopeastikin. Pitkällä aikavälillä ne vaikuttavat maailmantalouden ja -kaupan rakenteeseen. Suomi on taloutena erikoistunut energiantensiiviseen tuotantoon ja on siten keskimääräistä riippuvaisempi energian hintakehityksestä ja energiamarkkinoiden muutoksesta.

Gloaalien riskien arviointi ja niihin liittyvän tiedon tuotantoa on mahdollista lisätä erityisesti poikkitieteellisissä tutkimushankkeissa ja lisäämällä menetelmällisiä valmiuksia. Tällaista osaamista Suomessa jo on, mutta sen lisäämiseen on sekä suuri tarve että potentiaali. Tarvitaan sekä kvantitatiivisia riskien arviointi- ja hallintamenetelmiä että talouden ja kansainvälisen politiikan tutkimusta. Erityisosaamista Suomessa on metsiän ja ympäristömuutoksiin liittyvissä riskeissä. Sen kansainväliseen hyödyntämiseen on mahdollista erikoistua.

Yritystoiminnan globalisoitumisen vaikutukset kansantalouksiin

Osaamisalue liittyy taloustieteen ja kansainvälisen liiketoiminnan sekä osin kansainvälisen politiikan tutkimukseen. Koko ajan syntyy uutta tietoa siitä, miten yritysten kansainvälistyminen ja globaali toiminta vaikuttavat sekä yritysten lähtö- että kohdemaan talouteen ja yhteiskuntaan, mutta tämä tieto on edelleen ristiriitaista. Yritysten kansainvälisten investointien vaikutukset vaihtelevat toimialoittain ja riippuvat



myös siitä, missä kehitysvaiheessa maa on. On luultavaa, että niin teoreettisen kuin empiirisenkin tutkimuksen tuoma tieto näistä kysymyksistä tarkentuu huomattavasti lähimpien 10–15 vuoden aikana. Suomessa on tehty kansainvälisesti suhteellisen vähän yritystoiminnan globalisoitumista koskevaa taloustieteellistä tutkimusta. Kyse on siis osaamisalueesta, joka yritystoiminnan kansainvälistymisen vuoksi on tärkeä, mutta osaaminen ja tieto ovat toistaiseksi riittämättömiä.

Tietoa tarvitaan erityisesti elinkeino- ja teknologiapolitiikan tueksi. Tietoa tarvitsevat sekä poliittiset päättäjät että politiikan valmistelijat. Myös yritykset hyötyvät aluetta koskevan tiedon lisääntymisestä. Tiede- ja teknologiapolitiikan kannalta on olennaista saada tietoa siitä, miten yritysten Suomessa tekemä tutkimustointa vaikuttaa kotimaan talouteen, ”valuuko” tieto ulkomaille, hyödyttääkö se sekä yritysten kotimaan että investointien kohdemaiden taloutta sekä millä tavoin tutkimustointa ja tutkimukseen perustuva tuotanto riippuvat toisistaan.

Tiedon lisääminen on mahdollista tulevien 10–20 vuoden aikana, koska empiiriset aineistot, tutkimusmenetelmät ja osin myös teoreettinen tietämys paranevat. Tietämyksen lisääntyminen auttaa elinkeino- ja innovaatiopolitiikan valmistelua ja sen tehokkaampaa kohdentamista. Se lisää myös kansalaisten keskuudessa tietoa globaalin yritystoiminnan vaikutuksista ja tukee siten asiasta käytävää kansalaiskeskustelua.

Alueen tutkimusta voidaan tuntuvasti vahvistaa (esimerkiksi kauppakorkeakouluissa). Lisäksi on tarpeen taata kansainvälistymistä ja yritysten globaalia toimintaa koskevan informaation saanti. Tähän voivat vaikuttaa mm. Tilastokeskus, kansainväliset järjestöt sekä elinkeinoelämän järjestöt.


Globaalin osaamisen hyödyntäminen

Osaamis pohjainen tuotanto sekä tutkimus- ja kehystoiminta keskittyvät skaalaetujen ja markkinoiden kasvun vuoksi entistä enemmän mm. Tyynenmeren alueelle (Kiinaan, Intiaan, USA:n länsirannikolle). Pienen maan kannalta globaalin tiedon tehokas hyödyntäminen on välttämätöntä.

Osaamisalue liittyy siten sekä niihin aloihin, joilla Suomessa on huipputason tutkimusta, että sellaisiin aloihin, joilla tiedon siirtymistä tarvitaan sen tehokkaaseen soveltamiseen. Innovaatioiden aikaansaaminen vahvan kansallisen tutkimuksen avulla on mahdollista vain muutamilla aloilla. Uusien tieteellisten ja teknologisten ideoiden synnyttäminen tuottaa yhä suurempia kiinteitä kustannuksia. Tämän vuoksi on tärkeää, että muualla kehitettyä tietoa hyödynnetään tehokkaasti sekä omilla huippututkimuksen aloilla että osaamiseen perustuvassa tuotannossa.

Keskittyminen huippututkimukseen merkitsee resurssien allokoimista tietyille aloille ja täten väistämättä toisten alojen resurssien vähenemistä. Tällöin tehtäväksi jää kehittää uusia toimintamalleja, joiden avulla Suomen näkökulmasta vähäisen osaamisen alueiden huippuosaamista pystytään siirtämään ja hyödyntämään osaamisalueen toimijoiden joukossa. Tällaiset toimintamallit ovat innovatiivisia itsessään. Lisäksi, kun opitaan hyödyntämään oman alueen ulkopuolista, muualla kehitettyä tietoa ja ideoita, uusia innovaatioita voi syntyä myös erilaisen tiedon yhdistämisen kautta.

Pienten tutkimusalueiden tutkijoiden kansainvälisyttä (esim. tutkijavaihtojen muodossa) tulisi kannustaa edelleen sekä huippuosaamisessa että kaukana kärjestä olevilla aloilla. Kansainvälisesti toimivia yrityksiä tulisi kannustaa kansainväliseen yhteistyöhön julkisin varoin rahoitetuissa tutkimus- ja kehystoimintaprojekteissa. Tutkimuksen keinoin voitaisiin myös kehittää uusia toimintamalleja globaalin osaamisen hyödyntämiseen.



Pullonkaulaksi kansainvälisen tiedon hyödyntämisessä voi tulla osaamisen totaalinen puuttuminen tietyiltä aloilta. Näin voi käydä esimerkiksi, jos yliopistojen opetus- ja tutkimustoiminnan keskittäminen johtaa siihen, että pieniä tutkimusaloja lopetetaan suomalaisista yliopistoista kokonaan.

Julkisen sektorin muutos, verotuksen edellytykset, julkiset hankinnat

Julkisen sektorin rooli

Julkisen sektorin rooli on muuttunut perusteellisesti viimeksi kuluneiden 15 vuoden aikana, ja muutospahti kiihtyy. Valtion tehtävissä korostetaan taloudellista tehokkuutta. Ajatuksena on, että tarvitaan parempia johtamis-, ohjaus- ja kannustinjärjestelmiä, jotta työn tuottavuutta voitaisiin lisätä myös julkishallinnossa. Ongelma on, että Suomessa ei ole juurikaan tehty näiden muutosten todellisia vaikutuksia koskevaa tutkimusta. Poikkeuksena ovat lukuun joitakin yksittäisiä organisaatioita koskevat pienet tutkimukset tai selvitykset.

Koko Suomen tulevaisuuden kannalta on tärkeää, että yritykset kehittää julkishallintoa perustuvat tietoon. Muutamat julkaistut tutkimukset herättävät vahvan epäilyksen, että näin ei välttämättä ole.

Pahimmassa tapauksessa voidaan tuhota juuri ne vahvuudet, jotka rakennettiin 1960–80-luvulla. Tietoa tarvitaan kaikissa olennaisissa poliittisissa yhteyksissä seuraavien kymmenen vuoden aikana ja myös sen jälkeen. Tarvitaan laaja-alaista ihmistieteellistä tutkimusta oikeustieteistä ja yhteiskuntatieteistä humanistiseen ja kasvatustieteelliseen tutkimukseen.

Verotuksen edellytykset tulevaisuudessa

Kansallisvaltioiden on yhä vaikeampi ylläpitää nykyisiä verotusmuotoja ja -järjestelmiä. Kehitykseen on monia syitä: veropohjan häviäminen, verokilpailu muiden valtioiden kanssa sekä verojen maksuhalukkuuden

väheneminen. Suomessa ei ole kunnollista analyysia tämän kehityksen pidemmän aikavälin kasautuvista poliittisista, taloudellisista, yhteiskunnallisista tai kulttuurisista seurauksista.

Valtio, puolueet, kansalaisyhteiskunta ja kaikki valtion roolista ja julkisesta rahoituksesta kiinnostuneet toimijat, mukaan lukien yritykset, tarvitsevat tätä tietoa. Monet näistä toimijoista organisoivat sekä ajattelunsa että toimintansa yhä enenevässä määrin joko EU:n kautta tai globaalisti. Verojärjestelmien ja verokilpailun tutkimus on tehtävä kansainvälisinä yhteishankkeina. Kyse on myös kansainvälisten järjestöjen roolista verotuksen mahdollisessa harmonisoinnissa ja verokilpailun seurausten koordinoimisessa. Tämä edellyttää ennen kaikkea poliittisen talouden ja vero-oikeudellisen asiantuntemuksen kehittämistä laajoilla tutkimusohjelmilla.

Julkiset hankinnat

Julkisen sektori on siirtynyt yhä enenevässä määrin ostamaan palveluja yksityiseltä sektorilta sen sijaan, että se pyrkisi tuottamaan palveluita itse (esimerkiksi laitosruokailu, hoivatyö, invataksit). Tavoitteena on ollut yksityisten toimijoiden kilpailuttamisen kautta saada mahdollisimman laadukkaita palveluita mahdollisimman alhaisilla kustannuksilla. Tulevaisuudessa yhä suurempi osa peruspalveluita ostetaan yksityisiltä palveluntuottajilta, ja julkisten hankintojen vaikeusaste kasvaa entisestään. Palvelujen ostosta yksityisiltä tuottajilta on jo paljon kokemusta kunnissa, mutta osa-alue ei ole vielä riittävän kehittynyt ja alan koulutus on puutteellista. Myös systemaattista tutkimusta kilpailuttamisen vaikutuksista tarvittaisiin sekä suomalaisia että kansainvälisiä kokemuksia hyödyntäen. Julkisen sektorin ja erityisesti hyvinvointipalveluiden – kuten koulutuksen, päivähoiton ja vanhusten palveluiden – tarjonnan näkökulmasta osaamisalue on tärkeä.



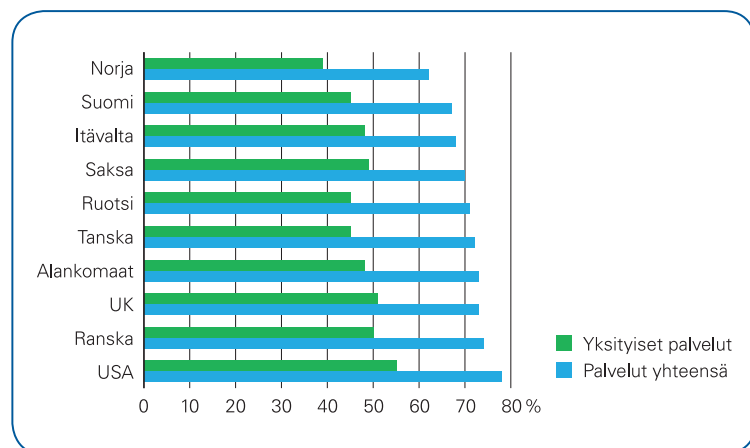
Palveluiden kehittäminen, tuotteistaminen ja vienti

Palveluiden osuus kansantuotteesta on nousussa. Palveluiden kehittäminen sekä niiden tuotteistaminen ja vienti nähtiin paneelissamme yhtenä tärkeimmistä osaamisalueista. Palvelutuotannon kehittymisellä on huomattava merkitys sekä yleiseen hyvinvointiin että Suomen kilpailukykyyn, kun muistetaan, että myös teollinen ulkomaankauppa kytkeytyy entistä tiiviimmin palveluihin. Uusia palvelutarpeita ja mahdollisuuksia syntyy muun muassa väestön ikääntymisen, turvallisuuden merkityksen kasvun ja uusien teknologisten mahdollisuuksien seurauksena. Teknologinen kehitys saattaa muuttaa radikaalisti monia julkisia palveluita, kuten terveydenhoitoa, opetusta ja liikennettä. Paneelin näkemyksen mukaan teknologian mahdollisuudet ovat kuitenkin hyvin rajalliset, kun puhutaan sellaisista peruspalveluista, joissa inhimillisellä vuorovaikutuksella on keskeinen rooli – esimerkkeinä mainittiin vanhustenhoito ja opetus.


Palveluihin liittyvää osaamista tarvitaan laajalti sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Erityisen tärkeinä tulevaisuuden palvelusektoreina Suomessa nähtiin terveydenhuolto, vanhusten hyvinvointiin liittyvät palvelut sekä herkästi halpatuotantomaihin siirtyvät teollisuuden ja kaupan palvelut. Palveluiden kehittämisen keinoina nähtiin poikkitieteellisten, palveluihin keskittyvien kehitysohjelmien käynnistäminen, tieto- ja viestintäteknologian mahdollisuuksien tunnistaminen. On myös tarpeen tehdä laajempia käyttäjätarvetutkimuksia sekä toteuttaa uusien palvelukonseptien kokeiluja. Kapea- alainen osaaminen (esimerkiksi insinöörikoulutus tai kaupallisen alan koulutus) ei riitä, vaan tar-

vitaan monialaista tietämystä ja osaamista, jotta teknisiin innovaatioihin pystytään yhdistämään organisatorisia ja sosiaalisia innovaatioita. Hedelmällistä yhteistyötä voisi syntyä esimerkiksi teknisten ja kaupallisten osaajien sekä muotoilun ja kulttuurin asiantuntijoiden kesken. Yhteistyössä yritysten, julkishallinnon sekä yliopistojen ja tutkimuslaitosten kesken voitaisiin nykyisellään hajallaan olevaa tietoa hyödyntää paremmin palveluiden kehittämisessä.

Suomalaistoimijoiden edellytyksiä palveluiden kehittämiseen panelistit eivät pitäneet kovinkaan hyvinä. Sekä palveluiden tarjonta että käyttökulttuurit ovat Suomessa kehittymättömämpää kuin monissa muissa maissa. "Itsepalveluyhteiskunnassa" palveluja ei ole totuttu käyttämään, ja palvelujen osuus bruttokansantuotteesta on perinteisesti suhteellisen pieni. Myös palveluiden kasvavassa ulkomaankaupassa Suomi on jäljessä verrattuna muihin teollisiin maihin. Toisaalta Suomella on muihin verrattuna suhteellinen etu yhden keskeisen resurssin, inhimillisen pääoman suhteen. Palveluiden kehittymisen nähtiin riippuvan myös yrittäjyysilmapiiristä, johon puolestaan vaikuttavat



Kuva 9. Palveluiden osuus bruttokansantuotteesta eräissä maissa, %



yritysten yleisemmät toimintaedellytykset Suomessa (esim. rahoitus, verotus).

Liikennepalveluita pidettiin yhtenä suhteellisen tärkeänä yksittäisenä palvelukategoriana. Liikennepalveluiden kehitystä tarvitaan yhä enemmän, kun väestö ikääntyy ja kulkemiseen liittyvät esteet sekä kustannukset nousevat keskusteluun. Tämän osa-alueen kannalta tärkeimmät sektorit koskevat rakennusteollisuutta, yhdyskuntasuunnittelua ja terveydenhuoltopalveluita (erityisesti vanhustenhuoltoa). Liikennepalveluiden kehittäminen nähtiin ennemminkin tärkeänä hyvinvointiyhteiskuntaan liittyvänä arvokysymyksenä kuin merkityksellisenä alueena elinkeinoelämän näkökulmasta. Myös nouseva energian hinta lisää painetta uudenlaisten liikenneratkaisujen kehittämiseen. Suomalais toimijoiden lähtökohdat liikennepalveluiden kehittämisessä nähtiin suhteellisen hyvinä, koska yhdyskuntarakentaminen on Suomessa korkealla tasolla. Liikennepalveluiden kehittämiseen liittyvät ratkaisut riippuvat pääasiassa poliittisesta päätöksenteosta – esimerkiksi liikennepolitiikan, rakentamismääräyksien, kaavoituksen ja verotuksen muutoksista – ja täten poliittisten päättäjien aktiivisuudella ja heidän valitsemallaan suunnalla on suuri merkitys liikennepalveluita kehitettäessä.

Innovaatioprosessin edistäminen ja hallinta

Innovaatioprosessin hallinta arvioitiin tärkeimmäksi yksittäiseksi globaalitalouteen liittyväksi osaamisalueeksi. Osaamisalueeseen kuuluu paitsi uuden tiedon tuottaminen ja kehittäminen, myös hiljaisen tiedon hyödyntäminen ja yhdistäminen tutkimustietoon, verkostoituminen sekä julkisen tiedon mahdollisimman laaja saatavuus ja käytettävyys. Innovaatioprosessin hallinta nousee yhä keskeisempään rooliin tieteellisessä tutkimuksessa ja erityisesti tuotekehityksen alalla, mutta myös organisatoristen (esimerkiksi johtami-

seen liittyvien) innovaatioprosessien hallinta on tärkeää. Prosessin hallinta edistää innovaatio toiminnan kehittymistä ja luo edellytyksiä uusien innovaatioiden synnylle. Mahdollisesti prosessin hallinta myös tehostaa innovaatio toimintaa. Innovaatioprosessin hallintaan liittyvää tietoa tarvitaan kaikilla sektoreilla tutkimus- ja kehitystoiminnassa sekä soveltavassa akateemisessa tutkimuksessa.

Lähtökohdat osaamisalueen kehittämiseen ovat suhteellisen hyvät, sillä Suomessa on jo alan akateemista tutkimusta. Monet yritysten ja julkisen sektorin toimijat työskentelevät verkostoitumisen ja avoimuuden periaatteella. Suomen pieni koko tuo suhteellisen edun verkostoitumiseen; pienessä maassa on mahdollista tavoittaa kattava joukko keskeisiä vaikuttajia pohtimaan ja tekemään päätöksiä nopeastikin. Kiristävän globaalikilpailun takia alan tutkimusta on syytä vahvistaa ja kehittää edelleen. Myös verkostoitumista yritysten, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten sekä julkisen sektorin päätöksentekijöiden (esim. Tekes, Suomen Akatemia) kesken on tarpeellista edistää ja laajentaa.

Paneelin mukaan innovaatioprosessien hallintaa kehitettäessä on syytä ottaa huomioon myös riittävä infrastruktuuri innovaatioille, kysynnän ja tarpeiden (muutosten) ymmärtäminen sekä markkinointiin ja myyntiin liittyvä osaaminen.

Riittävä infrastruktuuri innovaatioille

Suurin osa innovaatioista perustuu aiemmin tuotettuun tietoon ja aiemmin kehitettyihin teknologioihin. Uudet innovaatiot ovat usein aiempia teknologioita täydentäviä. Vallitseviin teknologioihin ja tuotteisiin nähden ne ovat usein suhteellisen pieniä uudistuksia tai parannuksia. Yrityksissä tehtävän tuotekehitystyön tulokset ovat pitkälti täydentäviä innovaatioita niihin liittyvän ennustettavuuden ja suhteellisen pienen riskin takia. Radikaalisti aikaisem-



mista teknologioista poikkeavat innovaatiot syntyvät tyypillisesti yllätyksellisesti, ja niiden taloudellisen merkityksen ja arvon ennustaminen on usein vaikeaa innovaation syntymisen jälkeenkin. Monesti jopa keksijät itse aliarvioivat uuden teknologian sovellusmahdollisuuksia ja merkitystä. Radikaalit innovaatiot edellyttävät mahdollisuuksia luovaan tutkimustoimintaan ja perustutkimukseen, jonka tuotoksille ei ole nähtävissä välttämättä (ainakaan tutkimushetkellä) taloudellisesti merkittäviä sovelluksia. Perustutkimus on riskisyytensä ja välittömien tuottomahdollisuuksien puuttumisen takia jäänyt pääasiassa julkisen sektorin ja erityisesti korkeakoulujen tehtäväksi. Paneelin jäsenet näkivät tärkeäksi, että julkisella sektorilla ja yliopistoissa tehokkuutta haettaessa muistetaan rakentaa riittävät puitteet luovalle innovaatiotoiminnalle ja varata riittävästi resursseja perustutkimukseen. Tämän hetken trendi, joka painottaa yliopistojen ulkopuolista rahoitusta keskeisenä tutkimusrahoitusmuotona, on jo murentanut perustutkimuksen asemaa yliopistoissa.


Osaavan siirtolaisuuden edistäminen

Suomen pitäisi pystyä houkuttelemaan ammattitaitoisia osaajia erityisesti niille aloille, joissa suomalainen osaaminen on verrattain heikkoa ja ammattitaitoisesta työvoimasta tulee pulaa. Suurten ikäluokkien siirtyminen eläkkeelle korostaa ulkomailta rekrytoitavan työvoiman tarvetta. Osaavista siirtolaisista (inhimillisestä pääomasta) hyötyy koko kansantalous, mutta erityisesti tutkimus-, koulutus- ja palvelusektoreilla sekä globaalisti toimivissa yrityksissä tullaan tarvitsemaan lisää työvoimaa. Globaaleilla markkinoilla tarvitaan kansainväliseen toimintaan (esimerkiksi vientityöhön) pystyviä ja tärkeimpien markkinointialueiden kulttuurituntevia henkilöitä. Yksi keino hankkia osaavia siirtolaisia Suo-

meen on lisätä koulutuspaikkojen tarjontaa ulkomaisille opiskelijoille. Tämä tarkoittaisi englanninkielisen laadukkaan kurssitarjonnan ja koulutuspaikkojen määrän lisäämistä ja edellyttäisi lisäresursseja erityisesti ulkomaisia opiskelijoita kiinnostaville korkeakouluille. Mahdolliset lukukausimaksut tulisi asettaa tasolle, joka houkuttelee lahjakkaita opiskelijoita suomalaisiin korkeakouluihin. Pelkästään ulkomaalaisten koulutus suomalaisissa korkeakouluissa ei riitä, vaan Suomessa kouluttautuneet siirtolaiset pitäisi myös pystyä houkuttelemaan Suomeen pysyvästi. Keinona on se, että heille tarjotaan riittävän hyviä työmahdollisuuksia. Erityisen tärkeää on työnantajien suotuista asennoituminen osaavien siirtolaisten palikkaamiseen.

Suomalaistoimijoiden lähtökohdat lisätä osaavaa siirtolaisuutta eivät ole erityisen hyvät huolimatta siitä, että Suomen (perus)koulujärjestelmällä – kuten suomalaisella yhteiskunnalla yleensäkin – on hyvä maine ulkomailla. Koulutusjärjestelmän hyvä maine ei välttämättä riitä houkuttelemaan ulkomalaisia maahan, jonka kieli koetaan oudoksi ja vaikeaksi ja maantieteellinen sijainti ilmastoineen epäsuotuisaksi. Opetusta korkeakouluissa on osin muutettu englanninkieliseksi, mutta suuri osa opetuksesta on yhä suomenkielistä. Suomessa ei myöskään ole kansainvälisesti maineikkaita yliopistoja, jotka pystyisivät kilpailemaan huippuosajista esimerkiksi USA:n ja Britannian kärkiyliopistojen kanssa. Myös alhainen resursointi opiskelijaa kohden tekee suomalaisista kouluista vähemmän houkuttelevia; suuret opiskelijamäärät opettajaa kohden tekevät ulkomaisten opiskelijoiden erityistarpeiden huomioon ottamisen vaikeaksi.

Tärkeäksi nähdään myös se, että suomalaiset hankkiutuvat entistä enemmän ulkomaille osaamista ja kokemusta hakemaan ja palaavat takaisin Suomeen hyödyttämään elinkeinoelämää ja tutkimus-



ta. Yritystoiminnan ja erityisesti suurten yritysten pääkonttorien säilyminen Suomessa on ensiarvoisen tärkeää Suomen elinkeinoelämälle ja kilpailukyvyille. Kohtalaisen merkittävänä tässä tehtävässä nähtiin pääkaupunkiseudun kansainvälinen markkinointi ja sen imagon kehittäminen kansainvälisenä tiede-, teknologia- ja yrityskeskuksena.

Pääkaupunkiseutu on Suomeen investoivien ulkomaisten yritysten ja tänne muuttavien asiantuntijoiden kannalta merkittävä alue, joka on kansainvälisesti suhteellisen heikosti tunnettu. Mahdollisuudet lisätä tietoa ja Helsingin houkuttelevuutta markkinoinnin keinoin ovat kohtalaisen hyvät. Tietoa siitä, millaiset alueet vetävät puoleensa kasvualojen kansainvälisiä ammattilaisia, on jo runsaasti saatavissa. Tehokas markkinointi edellyttäisi yhteistyötä pääkaupunkiseudun kuntien, tutkimuslaitosten sekä yritysten kesken. Pääkaupunkiseudun markkinointi voitaisiin kytkeä selvemmin osaksi yritysten muuta markkinointia.

Kysynnän ja tarpeiden ymmärtäminen sekä myyntitaitojen kehittäminen yleisimminkin nähtiin tärkeiksi globaaleilla markkinoilla. Erityisen tärkeää on ymmärtää kansainvälisten markkinoiden muutoksia kuluttajien ja kulutuskysynnän näkökulmasta. Alueen osajia tullaan tarvitsemaan entistä enemmän, ja on syytä varmistaa, että osaamisalueen koulutustarjontaa on riittävästi. Suomalaiset ovat suhteellisen hyviä uusia tuotteiden ja teknologioiden kehittämisessä, mutta myyntitaidoissa ollaan jäljessä monia muita maita. Myyntitaitoja kehitettävää koulutusta ja kursseja voitaisiin lisätä erityisesti alueilla, joilla näiden taitojen merkitys tulee korostumaan – esimerkiksi (abstraktien) palveluiden markkinoinnissa ja kansainvälisten markkinoiden vaatimassa entistä asiakaslähtöisemmässä tuotekehitystyössä. Osaamisalue on varsin merkit-

tävä erityisesti vientiteollisuuden ja kansainvälisillä markkinoilla toimivien suomalaisyritysten näkökulmasta.

Myös suomalaisten tuoteinnovaatioiden entistä parempi hyödyntäminen globaaleilla markkinoilla nostettiin esille paneelin osaamisaluekeskustelussa. Esimerkiksi suomalaiset funktionaaliset terveydenhuollon haasteisiin vastaavat elintarvikkeet (kuten viljatuotteet) voitaisiin valjastaa menestysvientituotteiksi kehittämällä niiden markkinointia. Samoin mahdollisuuksia on pakkausten tuotekehityksen avulla. Suomessa on tutkittu runsaasti funktionaalisia elintarvikkeita, ja meillä on vahvaa lääketieteen ja bioteknologian osaamista, jotka tukevat tiedon tuottamista ja soveltamista tällä osaamisalueella. Yhteiskunnallisesti nähtiin tärkeänä tuottaa tietoa elintarvikkeiden vaikutuksesta, mutta suomalaisten rooli kansainvälisillä alan markkinoilla on marginaalinen. Tulevaisuuden tarpeita osaamisalueella ei myöskään arvioitu erityisen merkittäviksi, koska funktionaaliset elintarvikkeet koskevat vain erittäin spesifiä ja kapeaa aluetta elinkeinoelämän ja yhteiskunnan tarpeiden kentässä.

Tutkimuksen uudet suunnat

Uusia tutkimusohjelmia kansainväliseen politiikkaan ja talouteen

Siirtyminen kohti entistä globaalimpia markkinoita kasvattaa tarvetta ymmärtää maailmantaloudessa tapahtuvia muutoksia sekä lisätä tietoa ja ymmärrystä eri kulttuureista ja niiden taloudellis-poliittisesta toiminnasta. Maailmantalouden kasvun painopisteen siirtyminen Tyynenmeren alueelle ja Aasiaan lisää tarvetta erityisesti Aasian maiden politiikan, kulttuurin ja talouden tutkimukseen. Aiheeseen erikoistuneen tutkimusyksikön perustaminen



voisi koota tällä hetkellä sirpaleisesti eri puolilla tehdyn aihealueen tutkimuksen kansainvälisen politiikan, kansainvälisen talouden ja kulttuurien tutkimuksen aloilta. Tutkimustietoa ja osaamista tarvitsevat yritykset esimerkiksi kansainvälisessä kaupassa sekä osaamisen ja teknologian siirrossa. Valtionhallinto kaipaa tätä osaamista siirtolaisuus- ja ulkomaalaispolitiikkaa koskevista kysymyksistä. Suurimpana esteenä uuden tutkimusyksikön perustamiseen lienee olemassa olevien yksiköiden haluttomuus jakaa niukkoja resursseja uuden yksikön perustamiseen.

Myös kehitystalouksien tutkimuksen lisäämistä pidettiin tarpeellisena kehitysmaiden taloudelliseen kehitykseen liittyvien trendien (esim. rakenteelliset muutokset, talouden kasvuvauhti) ja ongelmien ymmärtämiseksi sekä kehitysmää-avun tehokkuuden arvioimiseksi. OECD:n Development Assistance Committee'n (DAC) ennusteiden mukaan. taloudellinen apu kehitysmaihin on teollisuusmaiden kaikkein nopeimmin kasvavia budjettierä. Siksi näiden rahavirtojen tehokas allokointi ja käyttö on tärkeää. Suomessa kehitystalouden tutkimus on suhteellisen vähäistä ja tutkijat hajallaan useissa korkeakouluissa. Tutkimuksen keskittäminen yhteen yksikköön tai ainakin parempi verkostoituminen alan tutkijoiden kesken tehostaisi alan tutkimusta.

Tulevaisuudentutkimus

Tulevaisuudentutkimuksen opetus ja tutkimus on varsin vähäistä Suomessa, vaikkakin Suomea pidetään alan edelläkävijänä muun muassa eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan vuoksi. Valiokunta tarvitsee

systemaattisesta tulevaisuudentutkimuksesta saatavaa tietoa, kun se arvioi esimerkiksi teknologiakkehitystä ja sen yhteiskunnallisia vaikutuksia. Tietoa tarvitsevat myös muut organisaatiot, kuten valtio, puolueet ja yritykset. Tulevaisuudentutkimuksen vahvistamiseksi olemassa olevia alan tutkimusverkostoja tulee tukea ja kehittää ja perusrahoitusta allokoida eri alueiden tulevaisuutta ennakoivaan tutkimukseen. Myös eri tieteenalojen metodologista koulutusta voitaisiin kehittää futurologiseen suuntaan.

Kansainväliset muuttoliikkeet

Kansainväliset muuttoliikkeet muovaavat maailmantaloutta sekä Euroopan talouksia ja yhteiskuntia seuraavien parin vuosikymmenen aikana. Niin muuttoliikkeiden laajuuteen kuin niiden suuntautumiseen liittyy runsaasti epävarmuutta. Muuttoliikkeitä pyritään hallitsemaan ja samalla edistämään työperäistä maahanmuuttoa. Samalla lievennetään väestön vanhenemisesta ja työvoimapulasta johtuvia ongelmia.

Muuttoliikkeiden syiden ja vaikutusten tutkimus ja siihen liittyvä osaaminen ovat erityisesti Suomen kannalta tärkeitä siksi, että ulkomaalaisväestön osuus on toistaiseksi pieni, eikä täällä ole kohdattu samanlaisia ongelmia kuin monissa muissa Euroopan maissa. Maahanmuuttajien joustava integroituminen yhteiskuntaan ja talouteen on merkittävä tulevaisuuden haaste. Tähän liittyvää osaamista kehittämällä on mahdollista välttää muualla tehtyjä virheitä, tukea talouden kasvua ja rakennemuutosta sekä lisätä tietoa myös kansainvälisen talouden ja kansainvälisten markkinoiden muutoksista.

Johtopäätökset

Globaalitalouden kehityksen näkökulmasta muita tärkeämmiksi osaamisalueiksi hahmottuivat 1) innovaatioprosessin hallinta ja tehostaminen, 2) palveluiden kehittäminen, tuotteistaminen ja vienti sekä 3) globaalisti tuotetun tiedon parempi ja tehokkaampi hyödyntäminen.

Paneelin arvioiden mukaan suomalaisilla on parhaat valmiudet edetä palveluiden tuotteistamisessa sekä innovaatioprosessin hallinnassa ja sen tehostamisessa. Näissä on koulutukseen ja kumuloituneeseen osaamiseen perustuvaa tietotaitoa.

Palvelut ovat kasvattamassa osuuttaan maailmankaupassa, mutta Suomen palveluvienti on toistaiseksi ollut suhteellisen pientä. Kasvupotentiaalia on siten runsaasti, kun otetaan huomioon korkea koulutustaso ja suomalaiset erityisosaamisen alueet, esimerkiksi terveydenhoidon tai tieto- ja viestintätekniikan palvelut.

Globaalin tiedon tehokkaampi hyödyntäminen niin elinkeinoelämässä kuin tieteessä ja teknologiassa on

tullut entistä tärkeämmäksi kahdesta syystä. Pienen maan tulevaisuuden kannalta tärkeä tieto syntyy yhä useammin maan rajojen ulkopuolella. Samalla kuitenkin tieto leviää ja siirtyy hyödynnettäväksi entistä nopeammin – jotta voisi pysyä tutkimuksen eturintamassa, on luotava riittävät valmiudet ja mekanismit sekä kansainvälisen kehityksen seurantaan että globaalin tiedon siirtämiseen ja hyödyntämiseen.

Suomalainen erityisosaaminen, jonka kehittämiseen on sekä tarvetta että potentiaalia, liittyy verkostoteknologioiden osaamiseen ja näihin teknologioihin liittyvien riskien hallintaan. Globaalitaloudessa kansainväliset riskit lisääntyvät. Suomen on mahdollista kehittyä merkittäväksi osajaksi näiden riskien analyysissä ja hallinnassa sekä myös tähän perustuvassa liiketoiminnassa.

Globaalitaloudessa korostuvat aikaisempaakin enemmän vuorovaikutus- ja viestintätaidot sekä eri kulttuureiden tuntemus. Nämä ovat alueita, jotka liittyvät lähes kaikkiin muihin osaamisalueisiin ja tukevat niitä.

Ennakointi prosessina

Tausta ja tavoitteet

FinnSight 2015 -ennakoinnin keskeisenä tavoitteena on ollut tunnistaa tieteelliseen tutkimukseen, teknologiseen kehitystyöhön ja muuhun luovaan toimintaan perustuvia osaamisalueita, jotka saattavat osoittautua ratkaisevan tärkeiksi suomalaisen yhteiskunnan ja elinkeinoelämän kannalta. Näin FinnSight 2015 osaltaan luo tietopohjaa kansainvälisesti kilpailukykyisten huippuyksiköiden ja osaamiskeskittymien rakentamiselle. Samalla se tukee Suomen Akatemian perustutkimuksen vahvistamis- ja suuntaamistarpeita sekä Tekesin strategia- ja sisältölinjaustyötä. Jo nyt FinnSight 2015 -ennakoinnissa kehitetyt toimintatavat ovat palvelleet Suomen Akatemian ja Tekesin ennakointiyhteistyön syventämistä. Mitä luultavimmin ne tulevat tukemaan myös muiden organisaatioiden ennakointityön kehittämistä.

Laaja-alaisuudessaan FinnSight 2015 -ennakointihanke on ainutkertainen, sillä vastaavaa, tieteenalat ja teknologia-alueet laajalti kattavaa ennakointia ei Suomessa ole ennen tehty. Hankkeen painoarvoa lisää sekin, että se perustuu innovaatiojärjestelmän kahden merkittävimmän julkisen rahoittajan yhteistyöhön.

Osallistujat

FinnSight 2015 -ennakoinnin tavoitteet on asettanut johtoryhmä, jonka puheenjohtajina toimivat vuorotellen pääjohtajat Raimo Väyrynen (Suomen Akatemia) ja Veli-Pekka Saarnivaara (Tekes). Muina jäseninä ovat toimineet ylijohtaja Martti af Heurlin (Tekes), ennakointipäällikkö Pirjo Kyläkoski (Tekes), professori Arto Mustajoki (Helsingin yliopisto) ja tutkimusjohtaja Anneli Pauli (Suomen Akatemia). Johtoryhmä on suunnannut ennakointihanketta ja seurannut sen etenemistä. Se on tehnyt päätökset esimerkiksi ennakointipaneelien lukumäärästä, aihepiireistä ja puheenjohtajista.

Sisällöllinen ennakointityö on tehty kymmenessä paneelissa, joista kussakin on ollut kaksi puheenjohtajaa ja kymmenen muuta panelistia. Täten FinnSight 2015 -ennakointiin on panelisteina osallistunut kaikkiaan 120 tieteen, elinkeinoelämän ja yhteiskunta-politiikan eturivin asiantuntijaa. Ennakointituloksiin myötävaikuttaneiden asiantuntijoiden lukumäärä on tätäkin paljon suurempi, koska panelistit ovat käyneet omien verkostojensa kautta vuoropuhelua myös paneelien ulkopuolisten henkilöiden kanssa.

Ennakoinnin toteutusta ja paneelien työskentelyä on tukenut ydinryhmä, johon on kuulunut asiantuntijoita Suomen Akatemiasta (johtaja Paavo Löppönen, johtava tiedeasiantuntija Annamajja Lehvo, tiedeasiantuntija Anu Nuutinen, projektisihteeri Hanna Räisänen) ja Tekesistä (ennakointipäällikkö Pirjo Kyläkoski, tutkimuspäällikkö Eija Ahola, sihteeri Sanna Ojanen). Ydinryhmän puheenjohtajana ja samalla FinnSight 2015 -ennakoinnin projektipäällikkönä on toiminut professori Ahti Salo Teknillisen korkeakoulun Systeemi-analyysin laboratoriosta. Raportointityötä on tukenut toimittaja Johanna Korhonen Verkkotie Oy:stä.

Ennakointipaneelit

FinnSight -paneelien aihepiirit linjattiin johtoryhmässä kesäkuussa 2005. Paneelien teemavalinnoilla on tavoiteltu riittävää laaja-alaisuutta sekä pyritty kiinnittämään huomiota yhteiskunnan ja elinkeinoelämän keskeisiin uudistumis- ja muutosprosesseihin.

Ehdotukset paneelien puheenjohtajiksi tulivat Suomen Akatemiasta ja Tekesistä. Päätökset paneelien puheenjohtajapareiksi vahvistettiin johtoryhmässä. Muiden panelistien osalta Suomen Akatemia ja Tekes rakensivat kesällä 2005 omat ehdokaslistansa, joita tarkasteltiin vielä puheenjohtajien kanssa. Jäsenten valinnassa pyrittiin ottamaan huomioon jäsen ehdokaiden tieteellinen ja teknologinen osaaminen sekä heidän elinkeinoelämää ja yhteiskunnallista toimintaa

koskeva asiantuntemuksensa. Panelisteille korostettiin, että heidän ei toivottu ajavan edustamansa organisaation etuja vaan tuovan ennakkointiin oman asiantuntemuksensa pohjalta rakentavia ja perusteltuja näkemyksiä. Paneelit ovat olleet työssään itsenäisiä, ja ennakkointiprosessissa ne ovat saaneet tarkastella aihepiiriään varsin vapaasti. Ensisijainen vastuu tulosten kirjallisesta raportoinnista on ollut paneelien puheenjohtajilla.

Ennakkointiprosessi

Kukin ennakkointipaneeli kokoontui kolme kertaa. Ensimmäisissä paneelikokouksissa päähuomion kohteena olivat muutostekijät; toisessa kokouksessa tarkasteltiin tulevaisuuden kannalta tärkeitä osaamisalueita; kolmannessa kokouksessa osaamisaluetarkastelua syvennettiin pohtimalla muun muassa toimenpide-ehdotuksia ja suosituksia. Paneelikokoukset käytiin paneelien puheenjohtajien johdolla, ja ne kestivät noin neljä tuntia. Paneelikeskustelut nauhoitettiin, ja pääsääntöisesti ne tallennettiin myös MindMap®-käsittekarttoina. Kutakin kokousta seurasi vähintään yksi ydinryhmän edustaja niin Suomen Akatemiasta kuin Tekesistäkin.

Ennen paneelikokouksia kussakin paneelissa toteutettiin TKK:n Systeemianalyysin laboratorion internet-pohjaisten työvälineiden¹ avulla kartoitus-, kommentointi- ja arviointikierrokset. Näiden konsultatiivikierrosten tuloksista laadittiin koosteet, joiden kautta panelistit saattoivat perehtyä toistensa näkemyksiin jo ennen kokouksia. Itse kokouksissa näitä koosteita käytettiin taustamateriaalina. Koosteiden sisältämät arviointiluonnehdinnat tukivat olennaisimpien

näkökohtien tunnistamista ja puheenjohtajien raportointityötä.

Loppusyksystä 2005 Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA tuotti globaali talous -aihepiiriin liittyvän katsauksen suomalaisen tutkimus-, teknologia- ja innovaatiojärjestelmän kannalta merkittäviin kansainvälisiin kehityskulkuihin (esimerkiksi demografiset muutokset ja t & k-panostukset). Muita erillisiä taustaselvityksiä FinnSight 2015 -ennakoinnissa ei ole tehty. Panelisteja kannustettiin kuitenkin perehtymään eräiden muiden maiden kansallisten ennakkointien tuloksiin verkkosivustojen välityksellä.

Muutostekijät

Ennakkoinnin ensimmäisessä vaiheessa kutakin panelistia pyydettiin esittämään verkkopohjaisen kyselyn kautta 3–6 paneelin aihepiiriin liittyvää muutostekijää. Muutostekijällä on FinnSight 2015 -ennakoinnissa tarkoitettu sellaista tapahtumaa tai kehityskulkua, joka voi johtaa tulevaisuuden tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kannalta merkittävään muutokseen. Panelisteille korostettiin, että ennakoitun muutoksen ei tarvitse olla väistämätön tai edes todennäköinen, joten myös yllättävät kehityskulut ovat sisältyneet tarkasteluun.

Kustakin muutostekijästä pyydettiin esittämään täsmentämään, liittykö muutostekijä selvimmin (1) globaalin toimintaympäristön olennaisiin muutoksiin, (2) suomalaisen elinkeinoelämän ja yhteiskunnan kasvuun tarpeisiin vai (3) tieteen ja teknologian ennakoitaviin saavutuksiin. Samoin esittäjä pyydettiin täsmentämään muutamilla lauseilla, (i) millaiseen muutokseen se voi johtaa ja (ii) mitä kyseinen muutos voi merkitä suomalaisen tutkimus- ja innovaatiotoiminnan

1 Ks. <http://www.opinions.hut.fi/> ja <http://www.decisionarium.hut.fi/>

kannalta. Muutostekijöiden tarkoituksenmukaista kuvaustapaa ja -pituutta havainnollistettiin esimerkein.

Muutostekijöiden kartoituksen jälkeen panelistit saivat kommentoida toistensa muutostekijäesityksiä ja arvioida näitä sen suhteen, (i) miten todennäköisesti esitetyt muutokset toteutuvat ja (ii) miten merkittäviä muutokset saattavat olla tutkimus- ja innovaatio toiminnan kannalta. Lisäksi panelisteja pyydettiin perustelemaan arviointinsa vapaamuotoisesti. Kaikissa paneeleissa vastausprosentit olivat verraten korkeita: suurin osa panelisteista esitti useita muutostekijöitä, ja niihin saatiin kiinnostava määrä arviointikannanottoja.

Ensimmäiset paneelikokoukset pidettiin lokakuun 2005 lopulla. Pari päivää ennen kokousta panelistit saivat tuloskoosteen oman paneelinsa muutostekijöiden kartoitus-, kommentointi- ja arviointikierrokselta. Kokouksessa he tutustuivat toisiinsa ja kävivät orientoivan keskustelun ennakoitavien tavoitteista ja toteutuksesta. Muutostekijäkeskustelussa monet paneelit pyrkivät tunnistamaan tekijöitä, jotka eivät kartoituskierroksen tuloskoosteeseen sisältyneet. Lisäksi paneelit valmistautuivat osaamisalueita tarkastelemaan toiseen vaiheeseen.

Osaamisalueet

Ennakointiprosessin toisessa vaiheessa paneelit tarkastelivat osaamisalueita. Myös tätä tarkastelua tuettiin verkkopohjaisella kartoitus-, kommentointi- ja arviointiprosessilla, jossa panelistit saivat tehdä itsenäisesti esityksiä osaamisalueiksi ja antaa kommentteja ja arvioita toistensa esityksistä ennen paneelikokouksia. Panelistien esityksiä tulkitseva, syventävä ja jäsentävä keskustelu käytiin paneelien toisissa ja kolmansissa kokouksissa. Nämä pidettiin marraskuun 2005 lopulla ja tammi-helmikuun 2006 taitteessa.

FinnSight 2015 -ennakoinnissa osaamisalueella on määritelmämielessä tarkoitettu niiden toimijoiden joukkoa, jotka (i) yhteistyössä tuottavat ja soveltavat

tieteelliseen tutkimukseen, teknologiseen kehitystyöhön tai muuhun luovaan toimintaan perustuvaa tietoa ja (ii) pyrkivät näin vastaamaan elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin esimerkiksi erilaisten teknologisten ja sosiaalisten innovaatioiden kautta. Kyse on siis tutkimus- ja kehittäjäyhteisön yhteistyöstä, joka liittyy niin tutkimus- ja kehitystoimintaan kuin elinkeinoelämän ja yhteiskunnan tulevaisuuden tarpeisiin. Kooltaan osaamisalue on merkittävästi laajempi kuin yksittäinen tutkimusryhmä ja sen yhteistyökustot. Toisaalta se on esimerkiksi klustereita olennaisesti suppeampi.

Kutakin panelistia pyydettiin keskustelemaan tulevaisuuden kannalta tärkeistä osaamisalueista omassa asiantuntijaverkostoissaan ja tekemään tältä pohjalta 3–5 osaamisalue-esitystä. Jokaisesta esityksestä heitä pyydettiin täsmentämään, (i) mihin tieteenaloihin ja teknologioihin osaamisalue liittyy, (ii) mihin elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin osaamisalue vastaa vuonna 2015, (iii) mitä konkreettisia soveltamismahdollisuuksia osaamisalue voi tarjota esimerkiksi innovaatioiden muodossa, ja (iv) miten osaamisaluetta tulisi kehittää. Esityksistä rakennettiin tuloskoosteet, joista keskusteltiin toisissa paneelikokouksissa. Osaamisalueiden verkkopohjaista kartoitusta jatkettiin vielä toisen kokouksen jälkeen.

Tehtyjen osaamisalueiden kommentointi- ja arviointikierron toteutettiin kaikissa paneeleissa joulutammikuussa. Tällöin panelisteja pyydettiin arvioimaan, (i) missä määrin osaamisalue vastaa elinkeinoelämän ja yhteiskunnan tulevaisuuden haasteisiin ja tarpeisiin ja (ii) miten vahva osaamisalue on Suomessa yhtäältä tutkimus- ja toisaalta soveltamisvalmiuksien kannalta. Lisäksi panelistien toivottiin perustelevan arviointinsa sekä tekemään ehdotuksia siitä, miten kyseistä osaamisaluetta olisi tarkoituksenmukaisinta kehittää.

Osaamisalueista keskusteltiin laajasti toisissa ja kolmansissa paneelikokouksissa. Monet paneelit käyttivät paljon aikaa jäsentävään keskusteluun, jossa panelistien ehdotuksia ryhmiteltiin ja yhdisteltiin mielekkäiden osaamisaluekuvausten nimeämiseksi ja rakentamiseksi. Vuodenvaihteessa 2006 kaikki paneelit eivät olleet työssään samassa vaiheessa, mistä syystä ydinryhmä esitti puheenjohtajille vaihtoehtoisia toimintatapoja kolmansien paneelikokousten valmistelun tueksi. Paneelien ennakointiraportit kuvastavat ensisijaisesti paneelikokouksissa käytyjä keskusteluja, joiden yhtenä lähtökohtana ovat olleet yksittäisten panelistien tekemät esitykset.

Paneelien väliset rajapinnat

Paneelin puheenjohtajapareilla on ollut kolme yhteiskokousta, jotka ovat tukeneet paneelien välisten rajapintojen käsittelyä. Ensimmäinen yhteiskokouminen oli syyskuun 2005 alussa pidetty perehdyttämistilaisuus, jossa Suomen Akatemian ja Tekesin pääjohtajat kertoivat puheenjohtajille FinnSight 2015 -ennakoinnin taustoista ja tavoitteista. Samassa tilaisuudessa puheenjohtajat tutustuivat toisiinsa ja saivat tilaisuuden keskustella ennakkoinnista pääjohtajien ja ydinryhmän kanssa.

Tammikuussa 2006 järjestettiin puolen päivän mittainen tilaisuus, jossa puheenjohtajaparit esittelivät paneelinsa välituloksia muiden paneelien puheenjohtajille, johtoryhmälle ja ydinryhmälle. Nämä esitykset ja niiden pohjalta käyty keskustelu tukivat paneelien rajapinnoille sijoittuvien osaamisalueiden ja mahdollisten "katvealueiden" tunnistamista. Johtoryhmän jäsenet esittivät eräitä kommentteja ja kysymyksiä, joita paneelit saattoivat käsitellä tammi-helmikuun taitteen kolmansissa paneelikokouksissa.

Kolmannen kerran puheenjohtajat kokoontuivat maaliskuussa 2006 koko päivän pituiseen ennakointi-

seminaariin, jossa he työskentelivät aamupäivän ajan neljän hengen ryhmissä (muutamaa paneelia edusti toisen puheenjohtajan sijasta panelisti). Ryhmät perustettiin siten, että puheenjohtajat saivat työskennellä ensisijaisesti niiden paneelien edustajien kanssa, joilla he katsoivat olevan eniten vuorovaikutusta oman paneelinsa kanssa. Työskentelyn aikana puheenjohtajat antoivat palautetta toistensa raporttiluonnoksiin. Lisäksi he pohtivat, mitkä raporttiluonnoksiin sisällyneistä tuloksista olivat keskeisimpiä ja miltä osin paneelien osaamisalueita on tarkoituksenmukaista tarkastella kokonaisuuksina. Ryhmien tulokset esiteltiin iltapäivällä, ja niistä keskusteltiin useiden johtoryhmän jäsenten läsnä ollessa.

Puheenjohtajien yhteiskokousten lisäksi paneelien rajapintojen tarkastelua on edistänyt se, että halutessaan panelistit ovat voineet perehtyä muiden paneelien välituotoksiin. Nämä ovat olleet ennakkointihankkeen projektisivustolla panelistien saatavissa.

Yleistä

Moniin kansainvälisiin ennakkointiin verrattuna FinnSight 2015 -ennakointi on ollut poikkeuksellisen intensiivinen prosessi, sillä kaikki sisällöllinen ennakkointityö on tehty vain kuuden kuukauden kuluessa. Tänä aikana paneelit ovat työskennelleet erittäin aktiivisesti ja sitoutuneesti. Jokainen niistä on onnistunut tuottamaan kiinnostavan raportin, joka tarkastelee tähdellisiä muutostekijöitä, nostaa esille paneelin keskeisimmiksi katsomia osaamisalueita ja valottaa niin tieteen ja teknologian kehitysnäkymiä kuin näiden tarjoamia tulevaisuuden mahdollisuuksiakin. Itse prosessi on ollut merkittävä keskustelufoorumi ja monialaisen keskustelun käynnistäjä. Tulevaisuudessa on tärkeää jatkaa yhteistyötä sekä monialaista analyysia mahdollisuuksista ja uhkista.

Paneelien osallistujat

Sukunimi	Etunimi	Ammattinimike	Työpaikka/työpaikat	Paneeli
Aav	Marianne	johtaja	Designmuseo	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Airaksinen	Timo	professori	Helsingin yliopisto	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Back	Ralph-Johan	akatemiaprofessori	Åbo Akademi	Tieto ja viestintä
Bamford	Dennis	akatemiaprofessori	Helsingin yliopisto	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Borenus	Seppo	johtaja	Tellabs Oy	Tieto ja viestintä
Carlson	Lauri	professori	Helsingin yliopisto	Tieto ja viestintä
Eskelinen	Jarmo	johtaja	Forum Virium Helsinki	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Estola	Kari-Pekka	Head of Technology Exploration, Vice President	Nokia Research Center	Tieto ja viestintä
Forsström	Jari	lääketieteellinen johtaja	WM-data Oy	Hyvinvointi ja terveys
Haaparanta	Pertti	professori	Helsingin kauppakorkeakoulu	Ympäristö ja energia
Haikonen	Pentti O.	Principal Scientist, cognitive technology	Nokia Research Center	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Hansson	Per	Vice President	Wärtsilä Oyj	Globaali talous
Harjuhahto-Madetoja	Katrina	ohjelmajohtaja, Tietoyhteiskuntaohjelma	Valtioneuvoston kanslia	Tieto ja viestintä
Hautamäki	Jarkko	professori	Helsingin yliopisto	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Hedvall	Kaj	johtaja, Liiketoiminnan kehittäminen	Senaatti-kiinteistöt	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Heino	Markku T.	Research Manager	Nokia Research Center/Multimedia Technologies Laboratory	Materiaalit
Heinonen	Esa	tutkimus- ja tuotekehitysjohtaja	Orion Pharma	Hyvinvointi ja terveys
Hirvensalo	Inkeri	erityisasiantuntija	Valtiovarainministeriö, Rahoitusmarkkinaosasto	Globaali talous
Holmberg	Sirkka-Leena	projektikoordinaattori	VR Osakeyhtiö VR Cargo	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Honkatukia	Juha	tutkimusjohtaja	Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT	Globaali talous
Hukkinen	Janne	professori	Teknillinen korkeakoulu	Ympäristö ja energia
Huttunen	Jussi	päätoimittaja, professori	Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim	Hyvinvointi ja terveys
Hyypä	Juha	professori, osastonjohtaja	Geodeettinen laitos	Tieto ja viestintä

Sukunimi	Etunimi	Ammattinimike	Työpaikka/työpaikat	Paneeli
Hämeen-Anttila	Jaakko	professori	Helsingin yliopisto	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Härtsiä	Heikki	myynti- ja markkinointijohtaja	Insta DefSec Oy	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Ikkala	Olli	akatemiaprofessori	Teknillinen korkeakoulu	Materiaalit
Ilmoniemi	Risto	professori	Teknillinen korkeakoulu ja Nextim Oy	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Itkonen	Pentti	erityisasiantuntija	Sosiaali- ja terveysministeriö	Hyvinvointi ja terveys
Jaakola	Pekka	teknologiajohtaja	SWelcom Oy	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Johansson	Allan	tutkimusprofessori (em)	VTT ja Lundin Yliopisto (International Institute for Industrial Environmental Economics) vierailleva professori	Ympäristö ja energia
Juhola	Helene	kehitysjohtaja	Viestinnän Keskusliitto	Tieto ja viestintä
Jämsä	Timo	professori	Oulun yliopisto	Hyvinvointi ja terveys
Järvelin	Kalervo	akatemiaprofessori	Tampereen yliopisto	Tieto ja viestintä
Järvinen	Petteri	tutkija	Petteri Järvinen Oy	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Kangasniemi	Ilkka	Chief Scientific Officer	Vivoxid Oy	Materiaalit
Kasanen	Kari	hallituksen puheenjohtaja	Talent Partners Oy	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Kaski	Samuel	professori	Teknillinen korkeakoulu	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Kasvio	Antti	tiimipäällikkö	Työterveyslaitos, Työ ja yhteiskunta -tiimi	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Kauppi	Lea	pääjohtaja	Suomen ympäristökeskus	Ympäristö ja energia
Kellomäki	Seppo	akatemiaprofessori	Joensuun yliopisto	Ympäristö ja energia
Kiander	Jaakko	tutkimusjohtaja	Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Kivinen	Jukka	Head of Venturing	UPM Wood Products	Materiaalit
Knuuttila	Hilkka	professori	Joensuun yliopisto ja Borealis Polymers Oy	Materiaalit
Knuuttila	Simo	akatemiaprofessori	Helsingin yliopisto	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Koivurinta	Juha	toimitusjohtaja	Fibrogen Europe Oyj	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Korhonen	Raimo	Vice President, Research and Technical Development	Avantone Oy	Tieto ja viestintä

Sukunimi	Etunimi	Ammattinimike	Työpaikka/työpaikat	Paneeli
Koski	Heli	professori	Helsingin kauppakorkeakoulu	Globaali talous
Lammintausta	Risto	toimitusjohtaja	Hormos Medical Oy	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Laukkanen	Risto	liiketoimintaryhmän johtaja	Pöyry Oyj	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Lehtinen	Erno	vararehtori, professori	Turun yliopisto	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Leppänen	Heikki	johtaja, Hissi- ja liuku-porrasliiketoiminta	Kone Corporation	Globaali talous
Leskelä	Markku	akatemiaprofessori	Helsingin yliopisto	Materiaalit
Leskinen	Johanna	tutkimuspäällikkö	Kuluttajatutkimuskeskus	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Liebkind	Karmela	professori	Helsingin yliopisto	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Lonka	Kirsti	professori	Helsingin yliopisto	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Lund	Peter	professori	Teknillinen korkeakoulu	Ympäristö ja energia
Lundström	Petra	teknologiapäällikkö	Fortum Oyj	Ympäristö ja energia
Luostarinen	Heikki	professori	Tampereen yliopisto	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Luukkonen	Jari	suojelujohtaja	WWF	Ympäristö ja energia
Lyytinen	Heikki	professori	Jyväskylän yliopisto	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Mannila	Heikki	akatemiaprofessori	Tietotekniikan tutkimuslaitos HIIT, Teknillinen korkeakoulu ja Helsingin yliopisto	Tieto ja viestintä
Mauranen	Anna	professori	Helsingin yliopisto	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Meriläinen	Pekka	tutkimusjohtaja ja professori	GE Healthcare Finland ja Teknillinen korkeakoulu	Hyvinvointi ja terveys
Mykkänen	Jussi	johtaja, Liiketoiminnan kehitys	Vaisala Oyj	Globaali talous
Müller	Kiti	tutkimusprofessori	Työterveyslaitos, Aivot ja työ tutkimuskeskus	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Mäkelä	Tomi	professori	Helsingin yliopisto	Hyvinvointi ja terveys
Nissilä	Eero	jalostusjohtaja	Boreal Kasvinjalostus Oy	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Nyman	Göte	professori	Helsingin yliopisto	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Oksanen	Kari	Head of Risk Management	Nordea Bank Finland Plc	Infrastruktuurit ja turvallisuus

Sukunimi	Etunimi	Ammattinimike	Työpaikka/työpaikat	Paneeli
Otala	Leenamajja	professori ja yliopettaja	Teknillinen korkeakoulu ja Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Paalanen	Mikko	professori	Teknillinen korkeakoulu	Materiaalit
Paavilainen	Leena	tutkimusjohtaja	Metsäntutkimuslaitos, Metla	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Palva	Tapio	professori, varadekaani (tutkimus)	Helsingin yliopisto	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Pasivirta	Pasi	Long Term Vision Co-ordinator	Euroopan puolustusvirasto, Bryssel/Puolustusvoimat	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Patomäki	Heikki	professori	Helsingin yliopisto	Globaali talous
Pekurinen	Markku	tutkimusprofessori	Sosiaali- ja terveysalan tutkimus- ja kehittämiskeskus Stakes	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Penttilä	Merja	tutkimusprofessori	VTT	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Piiroinen	Pekka	kehitysjohtaja	Danisco	Hyvinvointi ja terveys
Pulkinen	Urho	tutkimusprofessori	VTT	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Punkka	Eero	teknologiajohtaja	Suunto Oy	Hyvinvointi ja terveys
Puttonen	Vesa	professori	Helsingin kauppakorkeakoulu	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Pyysiäinen	Ilkka	akatemiaturkija, dosentti	Helsingin yliopiston tutkijakollegium	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Ranta-Eskola	Arto	tutkimus- ja kehityspäällikkö	Ruukki Production, Jatkojalostus	Materiaalit
Riihimäki	Hilkka	osaamiskeskuksen johtaja, professori	Työterveyslaitos	Hyvinvointi ja terveys
Räikkönen	Katri	professori	Helsingin yliopisto	Hyvinvointi ja terveys
Saarma	Mart	johtaja	Helsingin yliopisto, Biotekniikan instituutti	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Salmi	Tapani	osastonylilääkäri	HYKS, Kliinisen neurofysiologian osasto	Hyvinvointi ja terveys
Salminen	Mika	laboratorionjohtaja	Kansanterveyslaitos	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Salo-Lee	Liisa	professori	Jyväskylän yliopisto	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Salovaara	Anne	toimitusjohtaja	AEL	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Sams	Mikko	akatemiaprofessori	Teknillinen korkeakoulu	Tieto ja viestintä
Sarvas	Matti	emeritusprofessori	Kansanterveyslaitos	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta

Sukunimi	Etunimi	Ammattinimike	Työpaikka/työpaikat	Paneeli
Saviharju	Kari	teknologiajohtaja, Soodakattilat	Andritz Oy	Ympäristö ja energia
Savolainen	Ilkka	tutkimusprofessori	VTT	Ympäristö ja energia
Schmidt	Tom	toimitusjohtaja	Tieyhtiö Nelostie Oy, Tieyhtiö Ykköstiie Oy	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Seppälä	Jukka	professori	Teknillinen korkeakoulu	Materiaalit
Strömberg	Juhani	kehitysjohtaja	Suomen Posti Oyj	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Suvanto	Antti	osastopäällikkö	Suomen Pankki	Globaali talous
Tainio	Risto	professori	Helsingin kauppakorkeakoulu	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Tamminen	Tuula	professori, ylilääkäri	Tampereen yliopisto ja Tampereen yliopistollinen sairaala	Ymmärtäminen ja inhimillinen vuorovaikutus
Tenkanen	Tuomas	tutkimusjohtaja	Finnzymes Oy	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Toivonen	Marja	projektipäällikkö	Teknillinen korkeakoulu	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Tuomas	Kerttu	henkilöstöjohtaja	Kone Oyj	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
Turpeinen	Harri	kehitysjohtaja	Neste Oil Oyj, Kehittäminen ja Laboratoriot	Ympäristö ja energia
Törhönen	Lauri	professori	Taideteollinen korkeakoulu	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Törmä	Päivi	professori	Jyväskylän yliopisto	Materiaalit
Ullakko	Kari	toimitusjohtaja	AdaptaMat Ltd.	Materiaalit
Uotila	Minna	professori	Lapin yliopisto	Materiaalit
Ura	Pertti	toimitusjohtaja	Lappset Group Oy	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Uusitalo	Hannu	johtaja, professori	Eläketurvakeskus	Infrastruktuurit ja turvallisuus
Uusitalo	Liisa	professori	Helsingin kauppakorkeakoulu	Palvelut ja palveluinnovaatiot
Valtari	Kirsi	tuotantojohtaja	Elisa Oyj	Tieto ja viestintä
Vasara	Petri	toimialajohtaja	Pöyry Forest Industry Consulting Oy	Ympäristö ja energia
Virkkunen	Jaakko	professori	Helsingin yliopisto	Oppiminen ja oppimalla uudistuva yhteiskunta
von Wright	Atte	professori	Kuopion yliopisto	Bio-osaaminen ja -yhteiskunta
Ylä-Anttila	Pekka	tutkimusjohtaja	ETLA - Elinkeinoelämän tutkimuslaitos	Globaali talous
Ylänkö	Maaria	yliopistonlehtori	Helsingin yliopisto	Globaali talous



FinnSight 2015 viitoittaa tieteen, teknologian ja yhteiskunnan näkymät

Ennakointi on entistä tärkeämpi päätöksenteon perusta yhteiskunnan ja elinkeinoelämän päättäjille sekä julkis- ja tutkimusorganisaatioille.

Tähän julkaisuun on koottu Suomen Akatemian ja Tekesin yhteisen tieteen ja teknologian FinnSight 2015 -ennakointihankkeen tulokset kokonaisuudessaan. Ennakointihankkeessa tieteen, elinkeinoelämän ja yhteiskuntapolitiikan eturivin asiantuntijat yrityksistä ja tutkimusmaailmasta pohtivat, miten Suomi voi pysyä hyvinvoivana yhteiskuntana ja maailman kärjessä innovaatioiden kehittäjänä. Ennakointihankkeen ydin koostui kymmenestä asiantuntijapaneelistä, joissa tieteen, teknologian ja yhteiskunnan muutostekijöistä keskustelemalla luotiin pohja yhteiselle tulevaisuudelle ja osaamisalueille.

www.finnsight2015.fi




SUOMEN AKATEMIA
TIETEEN RAHOITTAJA JA ASIAANTUNTIJA



Tekes

Suomen Akatemia • Vilhonvuorenkatu 6 • PL 99, 00501 Helsinki
Puhelin (09) 774 881 • Faksi (09) 7748 8299 • www.aka.fi

Tekes • Kyllikinportti 2 • PL 69, 00101 Helsinki
Puhelin 010 60 55000 • Faksi (09) 694 9196 • www.tekes.fi



ISBN 951-715-610-3

Kesäkuu 2006